Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DES ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE

DIRECTION DEPARTEMENTALE DES TERRITOIRES
Service Environnement Risques

Digne-les-Bains, le - 1 MARS 2013

ARRETE PREFECTORAL N° 2013- 329
portant approbation du plan de prévention des risques naturels prévisibles de la commune de Beynes.

LE PRÉFET DES ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE

Chevalier de l'Ordre National de la Légion d'Honneur
Chevalier de l'Ordre National du Mérite

VU le code de l'environnement, notamment ses articles L. 562-1 à L. 562-9, R. 562-1 à R. 562-10 relatifs aux plans de prévention des risques naturels prévisibles et R. 123-1 à R. 123-23 relatifs à la procédure et au déroulement de l'enquête publique ;

VU le code de l'urbanisme ;

VU le code de la construction et de l'habitation ;

VU le code des assurances ;

VU le décret n°2004-374 du 29 avril 2004 relatif aux pouvoirs des préfets, à l'organisation ou à l'action des services de l'État dans les régions et les départements ;

VU le décret n°2005-1156 du 13 septembre 2005 relatif au plan communal de sauvegarde pris pour l'application de l'article 13 de la loi n°2004-881 du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile ;

VU l'arrêté préfectoral n°2009-2061 du 07 octobre 2009 prescrivant l'élaboration du plan de prévention des risques naturels prévisibles de la commune de Beynes;

VU les délibérations et avis formulés par les personnes publiques consultées sur le présent plan au titre de l'article R.562-7 du code de l'environnement ;

VU l'arrêté préfectoral n°2012-1997 du 04 octobre 2012 prescrivant l'ouverture de l'enquête publique portant sur le projet de plan de prévention des risques naturels prévisibles de la commune de Beynes ;

VU les pièces constatant que l'arrêté du 04 octobre 2012 susvisé a été publié, affiché et a fait l'objet d'un avis inséré, quinze jours au moins avant le début de l'enquête et rappelé dans les huit premiers jours de celle-ci, dans deux journaux régionaux diffusés dans le département ;

VU les résultats de l'enquête publique qui s'est déroulée du 13 novembre 2012 au 18 décembre 2012;

VU le rapport et les conclusions du commissaire enquêteur en date du 22 décembre 2012;

VU le rapport de synthèse de la Direction Départementale des Territoires;

CONSIDERANT que le présent plan de prévention des risques naturels prévisibles est une servitude d'utilité publique et, qu'à ce titre, il est établi sur la base de la connaissance de l'occupation existante des sols à la date de son approbation ;

SUR la proposition de la Directrice de la Sécurité et des Services du cabinet de la préfecture des Alpes-de-Haute-Provence ;

ARRETE :

ARTICLE 1 :

Est approuvé, tel qu'il est annexé au présent arrêté, le plan de prévention des risques naturels prévisibles de la commune de Beynes.

Ce plan comprend un dossier afférent aux risques Retrait-gonflement des argiles (mouvements provoqués par l'hydratation et la déshydratation des sols). Chaque dossier comporte :

- une note de présentation,
- un règlement,
- une carte des aléas,
- une carte de zonage réglementaire des risques.

ARTICLE 2 :

Le présent arrêté ainsi que le plan de prévention qui lui est annexé seront tenus à la disposition du public :

- En Mairie de Beynes tous les jours ouvrables et aux heures d'ouverture de la mairie,
- En Préfecture des Alpes-de-Haute-Provence -Cabinet (Service Interministériel de Défense et de Protections Civile),
- En Direction Départementale des Territoires des Alpes-de-Haute-Provence (Service Environnement et Risques).

ARTICLE 3 : Publicité

Conformément aux dispositions réglementaires en vigueur mention du présent arrêté sera :

- publiée au recueil des actes administratifs de la Préfecture des Alpes-de-Haute-Provence ;
- publiée dans les deux journaux locaux " la Provence " et " La Marseillaise " par un avis inséré par les soins et aux frais de l'État.
- affichée aux lieux habituels d'affichage et éventuellement dans tout autre lieu, à la Mairie de Beynes, ainsi qu'au siège du syndicat mixte d'études et de programmation de la région de Manosque pendant une durée minimum d'un mois selon tous les procédés en usage ; procès-verbal de cette formalité sera dressé par les soins du maire de la commune.

ARTICLE 4: Exécution :

Le Secrétaire Général de la Préfecture, le Directeur de la Sécurité et des Services du cabinet de la Préfecture, la Directrice Départementale des Territoires , le Maire de la commune de Beynes, sont chargés, chacun en ce qui les concerne, de l'exécution du présent arrêté, dont une copie sera adressée à :

- Monsieur le Président de la Chambre d'Agriculture des Alpes-de-Haute-Provence,
- Monsieur le Président du Centre de la Propriété Forestière Provence-Alpes-Côte d'Azur,
- Monsieur le Président de Tribunal Administratif de Marseille,
- Monsieur Francis ESTUBLIER, Commissaire Enquêteur, chemin du Rouveyret 04 000 Digne-les-Bains,
- Monsieur le Président de la Chambre des Notaires des Alpes-de-haute-Provence.

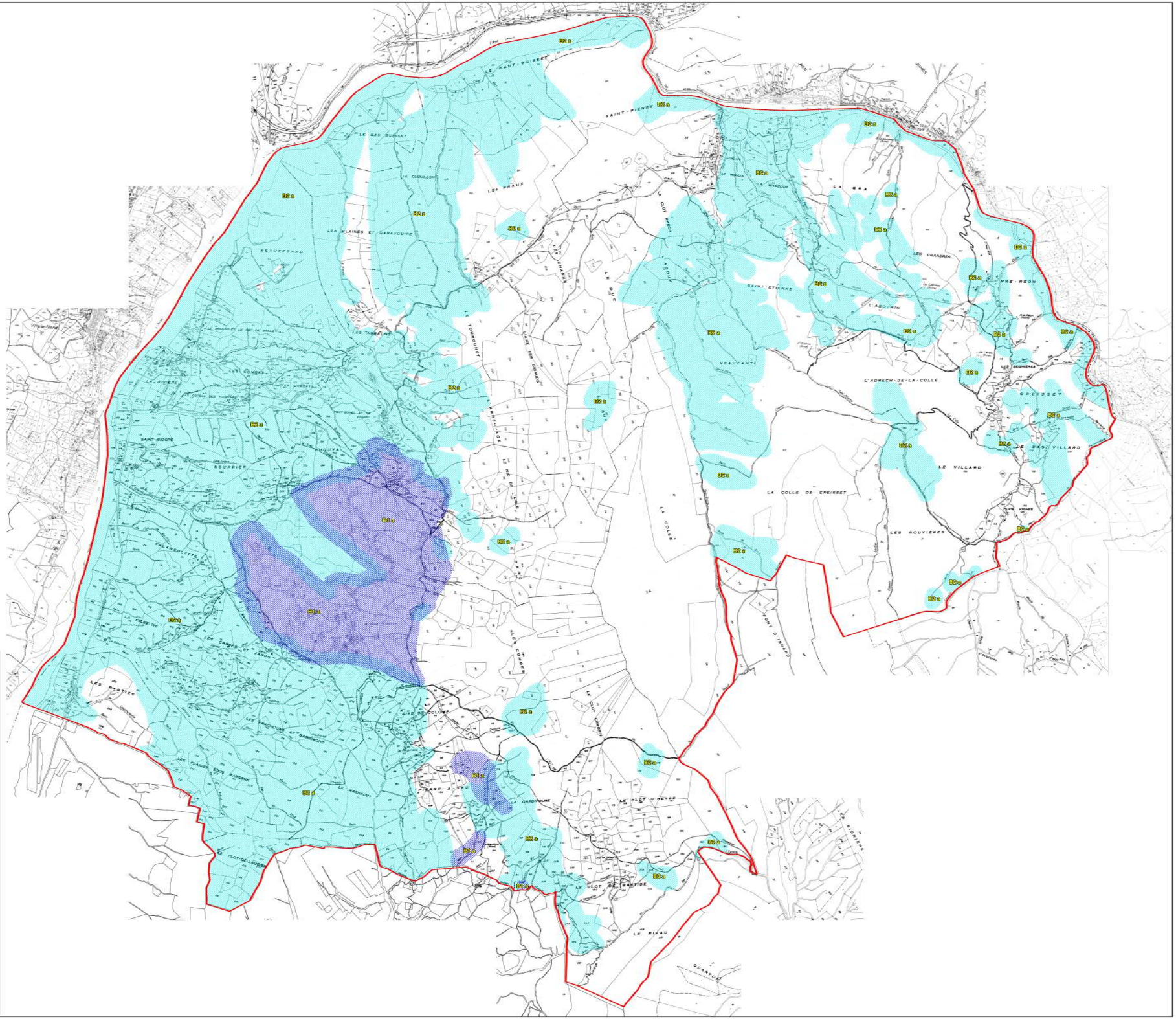
ARTICLE 5 - Délais et voies de recours :

Le présent arrêté peut faire l'objet :

- d'un recours gracieux auprès du Préfet des Alpes-de-Haute-Provence ;
- d'un recours hiérarchique auprès du Ministre de l'intérieur, de l'outre-mer, des collectivités territoriales et de l'immigration, direction de la sécurité civile ;
- d'un recours contentieux devant le Tribunal administratif de Marseille (22-24, Rue Breteuil 13281 MARSEILLE Cedex 6)

dans un délai de deux mois à compter de sa notification.

Michel PAPAUD



DDT
Direction Départementale des Territoires des Alpes de Haute-Provence

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Préfecture des Alpes de Haute Provence

Commune de Beynes
PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES

Vu pour être annexé à l'arrêté préfectoral n°2013-329 du 01 mars 2013

ZONAGE REGLEMENTAIRE (retrait-gonflement des argiles)

Légende :

Niveau de contraintes	Nature du risque
B1 - Zone B1 - Constructible sous conditions	a : retrait-gonflement des argiles
B2 - Zone B2 - Constructible sous conditions	
Zone sans contrainte spécifique	

Limite communale

N

Echelle : 1/10 000

Réalisation : Sol Concept	Version Etablie le : Mars 2012	Sol Concept
Edition : Sol Concept	Modifiée le :	

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFECTURE DES ALPES DE HAUTE PROVENCE

DDT
Direction Départementale des Territoires
des Alpes de Haute-Provence

Plan de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN)

Mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles

Commune de Beynes

Règlement

Avril 2012

Vu pour être annexé à l'arrêté préfectoral n° 2013-329 du 01 mars 2013

SOL CONCEPT
ÉTUDES ET INGÉNIERIE

SOL CONCEPT
Agence Durance : Rue Louis Auguste Blanqui - ZA les Blâches Gombert
04160 CHÂTEAU ARNOUX / Tél : 04 92 32 12 18 - Fax : 04 92 32 11 25
Ag. Drôme & s. social : La Cour - 26310 MISCON / Tél : 04 75 21 51 20
solconcept@wanadoo.fr
www.solconcept.fr

dossier n° 4700

REGLEMENT

Titre I - Portée du règlement

Ce chapitre a pour objectif de présenter un certain nombre de considérations générales nécessaires à une bonne compréhension et à une bonne utilisation du règlement du PPRN, document établi à la demande du Préfet et opposable aux tiers.

Un guide général sur les PPRN a été publié à la Documentation Française (août 1997). Il a été élaboré conjointement par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et par le Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement. Sa lecture est à même de répondre aux nombreuses autres questions susceptibles de se poser sur cet outil qui vise à limiter, dans une perspective de développement durable, les conséquences humaines et économiques des catastrophes naturelles.

ARTICLE I.1 - CHAMP D'APPLICATION

Le présent règlement s'applique à la commune de Beynes. Il détermine les mesures de prévention des risques naturels prévisibles de mouvements de terrain différentiels liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles.

En application de l'article L.562-1 du Code de l'Environnement, le plan de zonage comprend les zones suivantes, délimitées en fonction de l'intensité des risques encourus :

- une zone fortement exposée (B1) ;
- une zone faiblement à moyennement exposée (B2).

ARTICLE I.2 - EFFETS DU PPRN

Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique au titre de l'article L562-4 du Code de l'Environnement. A ce titre, il doit être annexé au PLU en application de l'article L126-1 du Code de l'Urbanisme par l'autorité responsable de la réalisation de celui-ci dans le délai de trois (3) mois à compter de la date d'approbation. En cas de dispositions contradictoires de ces deux documents vis-à-vis de la prise en compte des risques naturels, les dispositions du PPR prévalent sur celles du PLU qui doit être modifié en conséquence.

Les mesures prescrites dans le présent règlement sont mises en œuvre sous la responsabilité du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre. Conformément à l'article L.562-5 du Code de l'Environnement, le non-respect des mesures rendues obligatoires est passible des peines prévues à l'article L.480-4 du Code de l'Urbanisme.

Selon les dispositions de l'article L.125-6 du Code des Assurances, l'obligation de garantie de l'assuré contre les effets des catastrophes naturelles prévue à l'article L.125-2 du même code ne s'impose pas aux entreprises d'assurance à l'égard des biens immobiliers construits en violation des règles prescrites. Toutefois, cette dérogation ne peut intervenir que lors de la conclusion initiale ou du renouvellement du contrat d'assurance.

Titre II - Mesures applicables aux projets de constructions

Les dispositions du présent titre sont définies en application de l'article L.562-1 du Code de l'Environnement, sans préjudice des règles normatives en vigueur. Elles s'appliquent à l'ensemble des zones à risques délimitées sur le plan du zonage réglementaire, sauf dispositions contraires explicitement mentionnées. Elles concernent l'aléa retrait-gonflement seul et ne visent pas à résoudre les autres problèmes géotechniques.

CHAPITRE I - MESURES APPLICABLES AUX MAISONS INDIVIDUELLES HORS PERMIS GROUPÉS

Une étude géotechnique de faisabilité (ou étude de sols), de type G12 selon la norme NF P94-500, est vivement recommandée dès lors que l'aléa retrait-gonflement a été cartographié (zone B1 ou zone B2). Elle couvre, de par sa définition, la conception, le pré-dimensionnement et l'exécution des fondations, ainsi que l'**adaptation de la construction et de son environnement immédiat aux caractéristiques du site**. Elle seule permet de lever d'éventuelles incertitudes quant à la nature exacte du sol au droit de la parcelle à construire et de proposer une adaptation fine du projet au contexte géologique local.

A défaut, les dispositions suivantes s'appliquent :

A) Mesures structurelles

Article II.I.1 – Sont interdites :

- l'exécution d'un sous-sol partiel ;
- les constructions sur plate-forme en déblai-remblai.

Article II.I.2 - Sont prescrites :

1 - les dispositions de conception et de réalisation des **fondations** suivantes :

- la profondeur des fondations doit être suffisante pour limiter l'influence des sécheresses exceptionnelles sur les sols d'assise des fondations :
  - 1,2 m minimum en zone B1 ;
  - 0,8 m minimum en zone B2 ;
- les sols d'assise des fondations doivent être de nature homogène et de portance suffisante ;
- *Nota* : les deux points précédents (profondeur minimale et caractéristiques des sols d'assise) doivent être en adéquation. Une étude de sols permet de le vérifier.
- sur terrain en pente et pour des constructions réalisées sur plate-forme décaissée, les fondations doivent être descendues à une profondeur par rapport à l'ancien niveau du sol (avant terrassement) au moins aussi importante à l'aval qu'à l'amont en visant à assurer une homogénéité de l'ancrage dans le niveau d'assise ; il est rappelé que les plates-formes en déblais-remblais sont interdites ;
- les fondations sur semelles doivent être continues, armées et bétonnées à pleine fouille en interposant un polyane épais sur les parois latérales, selon les préconisations de la norme DTU 13-12 : Règles pour le calcul des fondations superficielles.

2 - les dispositions de conception et de réalisation des **constructions** suivantes :

- toutes parties de bâtiment fondées différemment et susceptibles d'être soumises à des tassements ou des soulèvements différentiels (notamment les blocs de hauteurs différentes) doivent être désolidarisées et séparées par un joint de rupture sur toute la hauteur de la construction ;
- les murs porteurs doivent comporter un chaînage horizontal et vertical liaisonné selon les préconisations de la norme DTU 20-1 : Règles de calcul et dispositions constructives minimales ;
- la réalisation d'un plancher porteur sur vide-sanitaire ou sur sous-sol total est obligatoire. En zone B1, le vide-sanitaire doit être en béton armé. La structure doit pouvoir supporter des tassements différentiels.
- la mise en place d'un dispositif spécifique d'isolation des murs et de ventilation adéquate en cas de source de chaleur en sous-sol.

B) Mesures applicables à l'environnement immédiat

Article II.I.3 - Sont interdits :

- toute plantation d'arbre ou d'arbuste avide d'eau à une distance de toute construction inférieure à une fois et demi leur hauteur à maturité sauf mise en place d'un écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 m ;
- tout pompage à usage domestique, entre mai et octobre, dans un puits situé à moins de 10 m d'une construction et où la profondeur du niveau de l'eau (par rapport au terrain naturel) est inférieure à 10 m ;
- le positionnement d'une construction à moins de 8 m d'un sommet de talus (lorsque celui-ci fait plus de 1,5 m de hauteur) sauf à prévoir des fondations plus profondes que le niveau équivalent à la base du talus.

Article II.I.4 - Sont prescrits :

- le rejet des eaux pluviales et usées dans le réseau collectif lorsque cela est possible ; à défaut, les éventuels rejets ou puits d'infiltration doivent être situés à une distance minimale de 10 m de toute construction ;
- la mise en place de dispositifs assurant l'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviales (raccords souples…) ;
- la récupération des eaux de ruissellement et leur éloignement des abords de la construction par un dispositif de type caniveau ;
- la mise en place, sur toute la périphérie de la construction, d'un dispositif d'une largeur minimale de 2,5 m en zone B1 (2 m à l'amont si le terrain est en pente) et 1,5 m en zone B2 s'opposant à l'évaporation, sous la forme d'un écran imperméable sous terre végétale (géomembrane) ou d'un revêtement étanche (terrasse) dont les eaux de ruissellement seront récupérées par un système d'évacuation de type caniveau en bordure ;
- sur terrain en pente, ce dispositif sera couplé à un drain à l'amont, situé à une distance minimale de 2 m de la construction ; pour ce faire l'utilisation de tuyaux de drain entièrement perforés (drain agricole, généralement jaune) est interdite ; les tuyaux non perforés et plats à la

base doivent permettre d'évacuer l'eau efficacement vers un exutoire situé à plus de 10 m de toute construction ;

- le captage des écoulements de faible profondeur, lorsqu'ils existent, par un dispositif de drainage périphérique situé à une distance minimale de 2 m de toute construction ; pour ce faire l'utilisation de tuyaux de drain entièrement perforés (drain agricole, généralement jaune) est interdite ; les tuyaux non perforés et plats à la base doivent permettre d'évacuer l'eau efficacement vers un exutoire situé à plus de 10 m de toute construction ;
- l'arrachage des arbres et arbustes avides d'eau situés à une distance de l'emprise de la construction projetée inférieure à une fois et demi leur hauteur à maturité. En zone fortement exposée (B1), un délai minimum de 1 an doit être respecté entre cet arrachage et le début des travaux de construction lorsque le déboisement concerne des arbres de grande taille ou en grand nombre (plus de cinq) ;
- à défaut de possibilité d'abattage des arbres situés à une distance de l'emprise de la construction inférieure à leur hauteur à maturité, la mise en place d'un écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 m.

CHAPITRE II - MESURES APPLICABLES À TOUS LES AUTRES BÂTIMENTS À L'EXCEPTION DES BÂTIMENTS À USAGE AGRICOLE ET DES ANNEXES D'HABITATION NON ACCOLÉES

Article II.II.1 - Est prescrite :

- la réalisation d'une étude géotechnique définissant les dispositions constructives nécessaires pour assurer la stabilité des constructions vis-à-vis du risque avéré de tassement ou de soulèvement différentiel et couvrant la conception, le pré-dimensionnement et les modalités d'exécution des fondations, ainsi que l'adaptation de la construction et de son environnement immédiat aux caractéristiques du site, conformément à la mission type G12 définie par la norme NF P94-500.

Titre III - Mesures applicables aux constructions existantes

Les dispositions du présent titre s'appliquent à l'ensemble des zones à risque délimitées sur le plan de zonage réglementaire, sauf si des dispositions particulières résultant d'investigations ou d'études réalisées dans le cadre de missions géotechniques (G12 à la construction ou G5 sur bâtiment existant) ont été définies. Les aménagements prescrits ci-dessous sont obligatoires dans la limite où leur coût ne dépasse pas 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien à la date d'approbation du PPR.

Article III.1 - Sont définies les mesures suivantes :

1. le respect d'une distance minimale d'éloignement de toute construction pour toute nouvelle plantation d'arbre ou d'arbuste avide d'eau : cette distance doit être supérieure à une fois et demi la hauteur de l'arbre à maturité, sauf mise en place d'un écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2 m ;
2. le respect des mesures préconisées par une étude géotechnique de faisabilité, en application de la mission géotechnique G12 spécifiée dans la norme NF P94-500, pour les travaux de déblais modifiant localement la profondeur d'encastrement des fondations ;

3. l'interdiction de pompage, à usage domestique, entre mai et octobre dans un puits situé à moins de 10 m d'une construction et où la profondeur du niveau de l'eau (par rapport au terrain naturel) est inférieure à 10 m ;
4. la récupération des eaux de ruissellement et son évacuation des abords de la construction par un dispositif de type caniveau ;
5. la mise en place de dispositifs assurant l'étanchéité des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviales (raccords souples…) en cas de remplacement de ces dernières.

Article III.2

Les mesures 1, 2 et 5 définies à l'article III-1 sont rendues immédiatement obligatoires en zone fortement exposée (B1).

Article III.3

La mesure 3 définie à l'article III-1 est rendue obligatoire dans un délai de 1 an en zone fortement exposée (B1) ou en zone faiblement à moyennement exposée (B2).

Article III.4

La mesure 4 définie à l'article III-1 est rendue obligatoire dans un délai de 5 ans en zone fortement exposée (B1).

Article III.5

Les mesures 1 et 2 définies à l'article III-1 sont rendues immédiatement obligatoires en zone faiblement à moyennement exposée (B2).

Article III.6

La mesure 5, définie à l'article III-1 est rendue obligatoire dans un délai de 5 ans en zone faiblement à moyennement exposée (B2).

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANCAISE

PREFECTURE DES ALPES DE HAUTE PROVENCE

DDT
Direction Départementale des Territoires des Alpes de Haute-Provence

Plan de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN)

Mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles

Commune de Beynes

Note de présentation

Avril 2012

Vu pour être annexé à l'arrêté préfectoral n° 2013-329 du 01 mars 2013

SOL CONCEPT
ÉTUDES ET INGÉNIERIE
Agence Durance : Rue Louis Auguste Blanqui - ZA les Blâches Gombert
04160 CHÂTEAU ARNOUX / Tél : 04 92 32 13 18 Fax : 04 92 32 11 35
Ag. Drôme & s. social : La Cour - 26310 MISCON / Tél : 04 75 21 51 20
solconcept@wanadoo.fr
www.solconcept.fr

dossier n° 4700

AVANT-PROPOS

Les Alpes-de-Haute-Provence font partie des départements français touchés par le phénomène de retrait-gonflement des argiles. Dans le cadre d'une convention signée entre l'ex-Direction départementale de l'équipement des Alpes-de-Haute-Provence (le service instructeur se trouve aujourd'hui au sein de la DDT04) et le BRGM, une étude départementale a été réalisée en 2006[1].

Ce travail avait abouti à une cartographie départementale de l'aléa retrait-gonflment des sols argileux, accompagnée d'un rapport de présentation. Par la suite, il a été décidé de **préparer la réalisation de plans de prévention des risques naturels (PPRN)** concernant spécifiquement le phénomène de retrait-gonflement des argiles, pour les différentes communes du département. Le BRGM a alors élaboré une méthodologie en concertation étroite avec la Sous-direction de la prévention des risques majeurs (SDPRM) du Ministère de l'écologie et du développement durable. Des **documents types** susceptibles de servir de base à l'élaboration des **notes de présentation** et **règlements** pour l'établissement de ces PPRN ont été mis au point.

La carte d'aléa départementale existe sur support numérique au format MapInfo©. Une carte d'aléa communale peut en être extraite par un simple zoom complété par un travail de précision des limites communales puis de découpage. Les données obtenues sont alors reportées sur fond topographique IGN à l'échelle 1/25 000, agrandi à l'échelle 1/10 000 pour plus de lisibilité. Selon la méthodologie retenue pour l'établissement des PPRN, c'est cette carte initiale qui est ensuite utilisée pour l'élaboration du zonage réglementaire de la commune. Sur la commune de Beynes, nous avons modifié une partie de la carte d'aléa en nous appuyant sur des données locales plus précises.

Concernant la note de présentation et le règlement du PPRN de Beynes, nous avions pour mission d'établir certaines adaptations mineures des documents produits par le BRGM, en tenant compte des spécificités locales déduites de notre analyse et soulignées notamment lors des concertations avec la DDT04, la population et les élus locaux, au cours de l'élaboration puis de l'instruction du PPRN retrait-gonflement de la commune.

[1]Références du document d'étude initial :

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Marçot N. avec la collaboration de **Imbault M.** (2006) - Établissement de Plans de Prévention des Risques naturels concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles dans le département des Alpes-de-Haute-Provence. Rapport BRGM/RP-54730-FR, 20 p., 2 ill., 2 cartes hors texte, 3 ann., 1 CD-Rom.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 5

2. REGLEMENTATION ET OBJET DU PPRN 6
2.1. Réglementation et objectif généraux des PPRN 6
2.2. Objet des PPRN 6
2.3. Contenu du dossier de projet de plan 7
2.4. Prescriptions du PPR 7

3. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE 10
3.1. Limites de l'étude 10
3.2. Contexte humain et naturel 10
3.2.1. Contexte humain 10
3.2.2. Situation géographique 11
3.2.3. Géologie générale 12

4. PARAMÈTRES DU RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX 12
4.1. Formations argileuses et marneuses 14
4.1.1. Référence à l'étude départementale du BRGM 14
4.1.2. Formations argileuses et marneuses de la commune de Beynes 14
4.2. Variations de teneur en eau 17
4.2.1. Influence météorologique directe 17
4.2.2. Phénomènes hydrogéologiques 17
4.2.3. Phénomènes anthropiques 17

5. ACTION DU RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX 18

6. ETABLISSEMENT DU PPRN 19
6.1. Sinistres observés 19
6.1.1. Contexte départemental 19
6.1.2. Contexte local 19
6.2. Carte de l'aléa retrait-gonflement 19
6.2.1. Contexte départemental 19
6.2.2. Contexte local 20
6.3. Plan de zonage réglementaire 21
6.4. Réglementation 22

7. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PREVENTIVES 22
7.1. Portée des dispositions 22
7.2. Réalisation d'une étude de sols 22
7.3. Principes généraux de prévention 23

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Schéma de la procédure de mise en place d'un PPRN.....8
Illustration 2 : Situation de Beynes sur la carte des données statistiques sur la démographie pour toutes les communes du département des Alpes-de-Haute-Provence.....10
Illustration 3 : Situation de la commune de Beynes sur fond topographique 11
Illustration 4 : Situation de la commune de Beynes sur la carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département des Alpes-de-Haute-Provence.....13
Illustration 5 : Extrait de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses couvrant la commune de Beynes.....14
Illustration 6 : Classement des formations argileuses et marneuses par niveau d'aléa 20
Illustration 7 : Carte d'aléa retrait-gonflement des argiles sur la commune de Beynes 21

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Description des phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et de leurs conséquences

Annexe 2 : Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au retrait-gonflement des argiles pris dans le département des Alpes-de-Haute-Provence (à la date du 30 mars 2012)

Annexe 3 : Illustration des principales dispositions réglementaires de prévention des risques de mouvements de terrain différentiels liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles

Annexe 4 : Extraits de la norme AFNOR NF P 94-500 (décembre 2006) intitulée « Missions géotechniques – Classification et spécifications »

1. INTRODUCTION

Dans les pays à climat aride et semi-aride, les phénomènes de retrait et de gonflement de certains sols argileux sont à l'origine de forts dégâts causés tant aux bâtiments qu'aux réseaux et voiries. Ce phénomène a été étudié et a fait l'objet d'ouvrages de recommandations constructives dès les années 50. En France, où la répartition pluviométrique annuelle est plus régulière et les déficits saisonniers d'humidité moins marqués, ces phénomènes n'ont été mis en évidence que plus récemment, lors des sécheresses de l'été 1976, des années 1989-90 plus spécialement, puis de l'été 2003. Les dégâts observés sont particulièrement préjudiciables au bâti individuel, et dans une moindre mesure aux réseaux et voiries.

La prise en compte par les assurances de ces sinistres a été rendue possible par l'application de la loi n°82-600 du 13 juillet 1982, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophe naturelle. Depuis l'année 1989, date à laquelle cette procédure a commencé à être appliquée, plus de 8 000 communes françaises, réparties dans 90 départements ont été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle au titre des mouvements différentiels de terrain dus au retrait-gonflement des argiles.

Le coût cumulé d'indemnisation de ces sinistres a été évalué à 3,3 milliards d'euros sur la période 1989-2002 par la Caisse Centrale de Réassurance. Le coût moyen d'indemnisation d'un « sinistre retrait-gonflement » est de 15 000 €.

Pour les Alpes-de-Haute-Provence, 62 arrêtés interministériels ont été pris entre 1990 et aujourd'hui. Ils reconnaissent l'état de catastrophe naturelle pour l'aléa retrait-gonflement des sols argileux pour 26 communes sur les 200 que compte le département. Dans le cadre de l'étude départementale d'aléa réalisée par le BRGM en 2006, 1 348 sites de sinistres répartis dans 56 communes ont été recensés, ce qui constitue une estimation approchée, quoique vraisemblablement minorée, de la réalité. Notons que le département comptait 69 813 maisons d'habitation en 2007 (données INSEE).

Il est aujourd'hui reconnu que de nombreux sinistres auraient sans doute pu être évités ou, du moins, que leur ampleur aurait pu être limitée, si certaines dispositions constructives avaient été respectées.

C'est pourquoi l'État a souhaité engager une politique de prévention vis-à-vis de ce risque en incitant les maîtres d'ouvrage à respecter certaines règles constructives. Cette démarche s'inscrit dans le cadre d'une politique générale visant à limiter les conséquences humaines et économiques des catastrophes naturelles, par la mise en œuvre de plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN). Ceux-ci consistent tout d'abord à délimiter des zones apparaissant exposées à un niveau de risque homogène. Ensuite, il s'agit de définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises pour chaque zone, en application de la loi n°95-101 du 2 février 1995.

Dans le cas particulier du phénomène de retrait-gonflement des argiles, les zones concernées, même soumises à un aléa considéré comme élevé, restent constructibles. Les prescriptions imposées sont, pour l'essentiel, des règles dont la mise en œuvre n'engendre qu'un surcoût relativement modique, mais dont le respect permet de réduire considérablement les désordres causés au bâti en présence de terrains sujets au phénomène de retrait-gonflement, même fort.

Cette réglementation concerne essentiellement les constructions futures. Quelques consignes s'appliquent toutefois aux bâtiments existants afin de limiter l'action des facteurs déclenchants et/ou aggravants du phénomène de retrait-gonflement.

Le non-respect du règlement du PPRN peut conduire à la perte du droit à l'indemnisation de sinistres déclarés, et ceci malgré la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle.

2. REGLEMENTATION ET OBJET DU PPRN

2.1. RÉGLEMENTATION ET OBJECTIF GÉNÉRAUX DES PPRN

En 1982, la loi relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles (loi n° 82-600 du 13 juillet 1982) a institué le plan d'exposition aux risques (PER) pour inciter notamment les assurés à la prévention. Les PER ont été remplacés par la suite par les plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN), instaurés par la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 puis précisés par la loi « Barnier » (loi n° 95-101 du 2 février 1995). La loi Barnier vise à renforcer et à unifier l'action de prévention avec l'objectif de réduire l'exposition au risque ainsi que la vulnérabilité des biens et des personnes.

La mise en œuvre de cette politique de prévention relève d'une compétence partagée, impliquant les services déconcentrés de l'État, les collectivités territoriales et les ministères concernés. Les citoyens sont également incités à agir. Chacune des parties intervient dans son domaine.

Aujourd'hui, la réglementation relative à l'élaboration des plans de prévention des risques naturels prévisibles est synthétisée par les articles R562-1 et suivants du code de l'environnement. L'établissement des plans de prévention des risques naturels prévisibles mentionnés est prescrit par arrêté du Préfet. Il s'en suit une **procédure** codifiée que nous présentons sur l'illustration 1 (double-page suivante).

Le PPRN approuvé par le Préfet, après enquête publique, vaut servitude d'utilité publique. Il doit être annexé au plan d'occupation des sols (POS) ou au plan local d'urbanisme (PLU) conformément à l'article L. 126-1 du code de l'urbanisme. Ses dispositions s'appliquent notamment pour la délivrance des permis de construire ou d'aménager.

2.2. OBJET DES PPRN

Ces plans ont pour objet, en tant que de besoin (II de l'article L562-1 du code de l'environnement modifié par la loi 2010-788 du 12 juillet 2010 - art. 221 et 222) :

1° de délimiter les zones exposées aux risques, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru,

d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle

ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités, notamment afin de ne pas aggraver le risque pour les vies humaines ;

2° de délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux

et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° ;

3° de définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;

4° de définir, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

Contrairement à ceux applicables à d'autres risques, les PPRN concernant le phénomène de retrait-gonflement des argiles ne prévoient aucune mesure d'interdiction de construire. Les mesures préventives sont des prescriptions techniques générales applicables à la construction et aux aménagements périphériques.

2.3. CONTENU DU DOSSIER DE PROJET DE PLAN

Le dossier de projet de PPRN retrait-gonflement comprend :

1° Une **note de présentation** indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles, compte tenu de l'état des connaissances.

2° Un ou plusieurs **documents graphiques** délimitant les zones mentionnées aux 1° et 2° du II de l'article L. 562-1 du code de l'environnement. *Dans le cas présent, il s'agit d'une carte d'aléa et d'un zonage réglementaire.*

3° Un **règlement** précisant, en tant que de besoin :

a) Les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune de ces zones en vertu des 1° et 2° du II de l'article L. 562-1.

b) Les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde mentionnées au 3° du II de l'article L. 562-1 et les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existant à la date de l'approbation du plan, mentionnées au 4° de ce même II. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour celles-ci.

2.4. PRESCRIPTIONS DU PPR

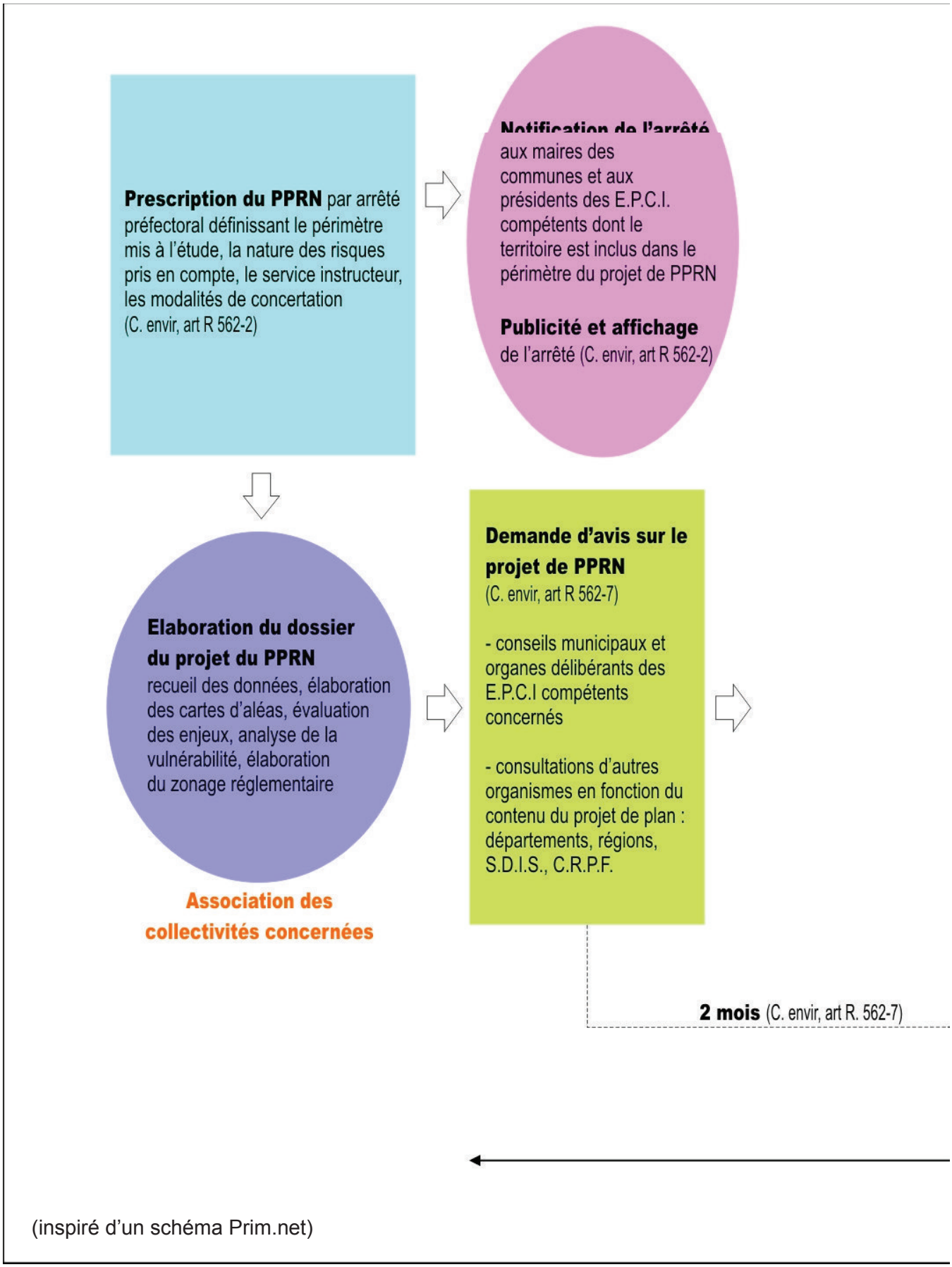
En application du 3° du II de l'article L. 562-1, l e plan peut notamment :

1° Définir des règles relatives aux réseaux et infrastructures publics desservant son secteur d'application et visant à faciliter les éventuelles mesures d'évacuation ou l'intervention des secours.

2° Prescrire aux particuliers ou à leurs groupements la réalisation de travaux contribuant à la prévention des risques et leur confier la gestion de dispositifs de prévention des risques ou d'intervention en cas de survenance des phénomènes considérés.

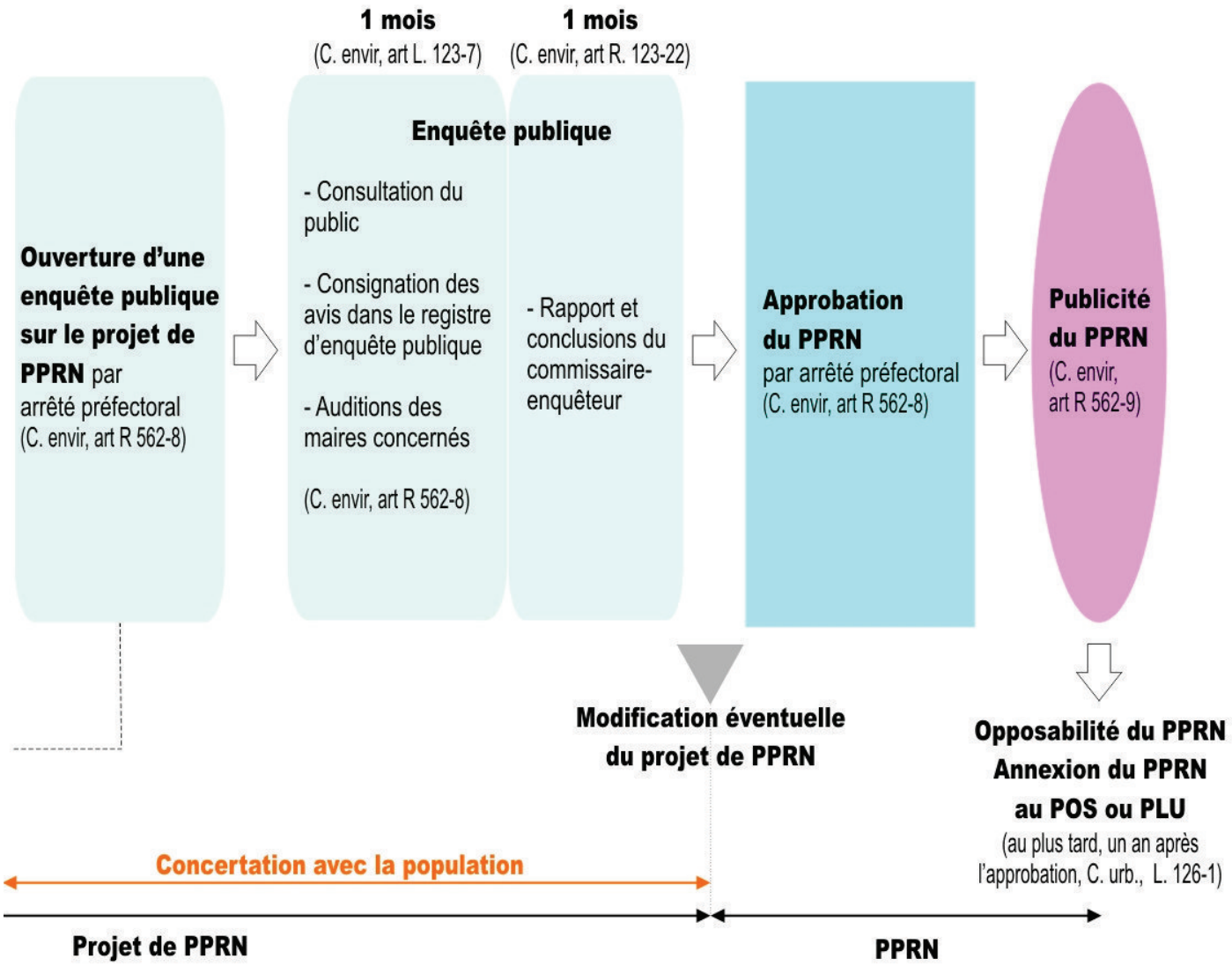
3° Subordonner la réalisation de constructions ou d'aménagements nouveaux à la constitution d'associations syndicales chargées de certains travaux nécessaires à la prévention des risques, notamment l'entretien des espaces et, le cas échéant, la réalisation ou l'acquisition, la gestion et le maintien en condition d'ouvrages ou de matériels.

Le plan indique si la réalisation de ces mesures est rendue obligatoire et, si elle l'est, dans quel délai.



(inspiré d'un schéma Prim.net)

Illustration 1 : Schéma de la procédure de mise en place d'un PPRN


1 mois
(C. envir, art L. 123-7)
1 mois
(C. envir, art R. 123-22)
Enquête publique
Ouverture d'une enquête publique sur le projet de PPRN par arrêté préfectoral (C. envir, art R 562-8)
- Consultation du public
- Consignation des avis dans le registre d'enquête publique
- Auditions des maires concernés
(C. envir, art R 562-8)
- Rapport et conclusions du commissaire-enquêteur
Approbation du PPRN par arrêté préfectoral (C. envir, art R 562-8)
Publicité du PPRN (C. envir, art R 562-9)
Modification éventuelle du projet de PPRN
Opposabilité du PPRN
Annexion du PPRN au POS ou PLU
(au plus tard, un an après l'approbation, C. urb., L. 126-1)
Concertation avec la population
Projet de PPRN
PPRN

3. PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE

3.1. LIMITES DE L'ÉTUDE

Le présent PPR couvre l'ensemble du territoire communal de Beynes (département des Alpes de Haute Provence).

3.2. CONTEXTE HUMAIN ET NATUREL

3.2.1. Contexte humain

Sources : Insee. La population de Beynes en 2007 était de 121 habitants. La superficie de la commune est de 41,2 km², ce qui donne une densité de population de 2,9 hab/km². Concernant la variation de la population : le taux annuel moyen entre 1999 et 2007 est de 0,8 %. Le nombre de ménages en 2007 était de 57. Voir l'illustration 2.

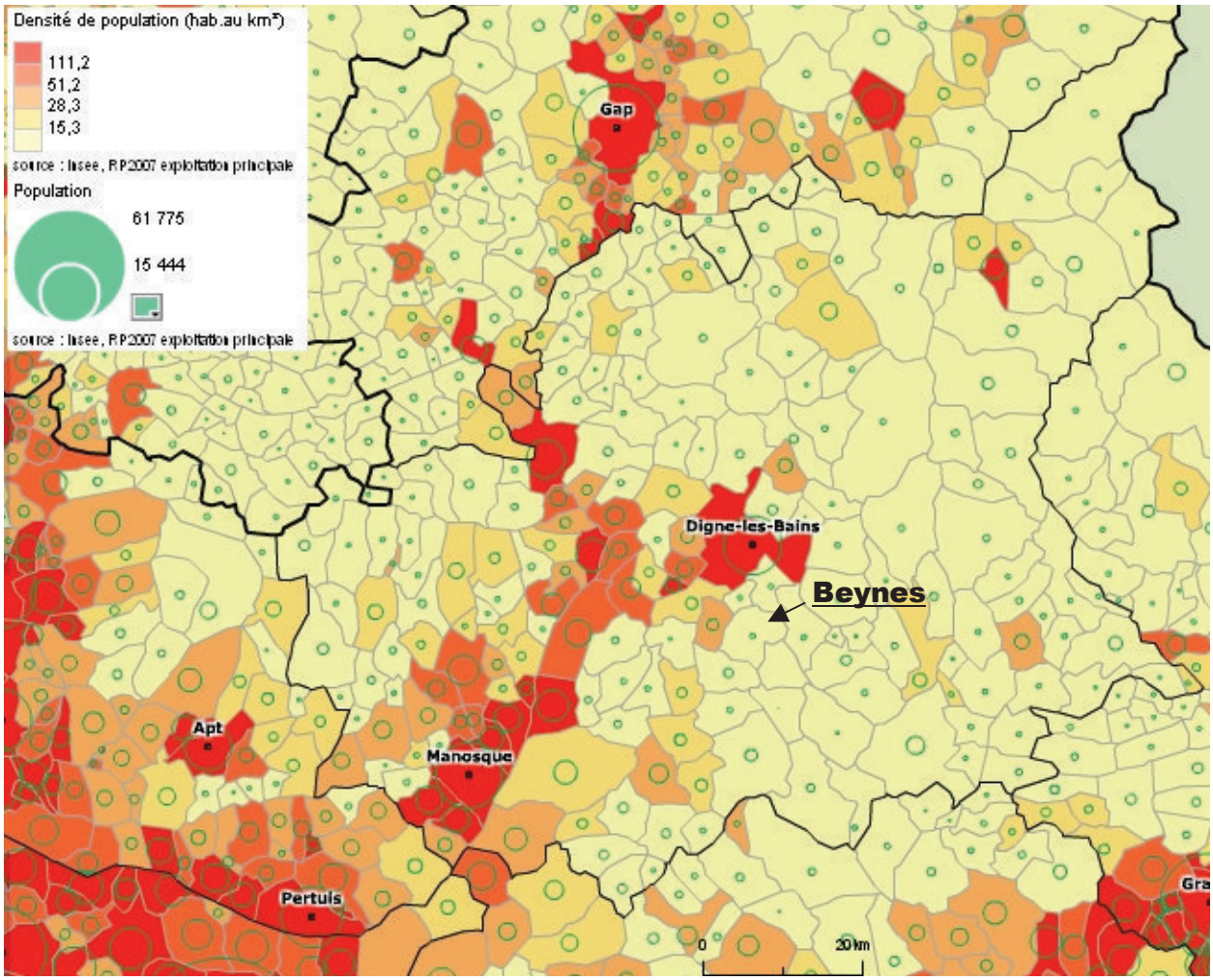


Illustration 2 : Situation de Beynes sur la carte des données statistiques sur la démographie pour toutes les communes du département des Alpes-de-Haute-Provence

Les zones d'habitat sont en quatre endroit principaux : le village de Beynes au centre-ouest de la commune, les Guberts, la Rivière et Château de Fruchier en bordure ouest, le Hameau de Palus et celui de Veriscle au sud-ouest et le hameau St Pierre au nord. Il existe également de nombreuses fermes ou hameaux ruinés aujourd'hui.

Le nombre total de logements en 2007 était de 100 dont 56 % de résidences principales en 2007 et 42 % de résidences secondaires (y compris les logements occasionnels), les logements vacants n'étant estimés qu'à 1 %. La part des ménages propriétaires de leur résidence principale en 2007 était de 67,9 %.

La commune ne possède par d'activité au sol autre qu'agricole, aux abords des hameaux.

3.2.2. Situation géographique

La commune de Beynes s'étend dans un très vaste méandre de l'Asse, qui contourne la montagne de Beynes. Les limites communales sont formées au nord-est et au nord par les gorges de l'Asse (clues de Chabrières) et à l'ouest par la plaine de l'Asse, dont le cours s'ouvre à son entrée dans le domaine du plateau de Valensole. En parties sud et est, ce sont essentiellement des crêtes et quelques vallons qui marquent le tracé des limites communales.

Le point culminant est à 1600 m d'altitude et le point le plus bas à 537 m. La majorité du territoire présente un relief accidenté. Voir l'illustration 3.

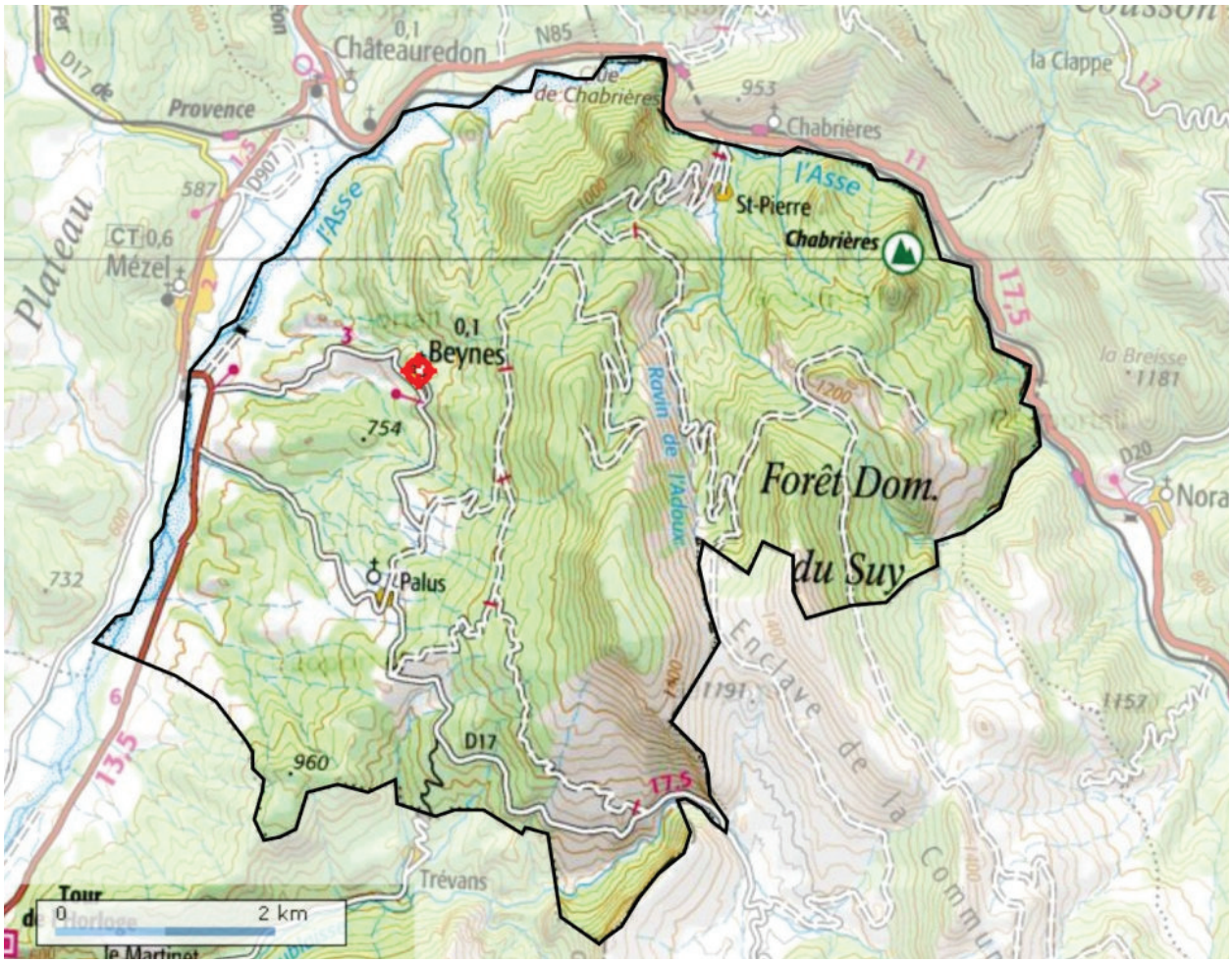


Illustration 3 : Situation de la commune de Beynes sur fond topographique (source : géoportail.fr)

3.2.3. Géologie générale

Localement, la géologie est conditionnée par la présence de la nappe de Digne qui se développe à l'est et qui chevauche vers l'ouest les terrains dit autochtones. Les trois grandes structures géologiques qui caractérisent la zone sont représentées sur la commune :

- Le domaine autochtone en bordure ouest du territoire communal. Il comprend les terrains tertiaires, correspondant à la formation de Valensole, qui ont été plissés au fur et à mesure de leur dépôt selon un axe de compression globalement NE/SW. Le Mésozoïque sous-jacent est également plissé et affleure jusqu'aux couches triasiques au cœur de l'anticlinal de Châteauredon (au nord de Beynes).
- Le domaine parautochtone, c'est-à-dire les terrains qui sont de même nature que l'autochtone mais qui ont subi une forte tectonisation. Ils forment une lanière méridienne centrale sur le territoire communal. Ainsi le phénomène de raccourcissement explique le chevauchement vers l'ouest des terrains tertiaires de l'*unité de Trévans,* sur les terrains tertiaires dits autochtones, au sud de la commune.
- Le domaine allochtone dans le lobe nord-est de la commune, où les terrains mésozoïques appartiennent à la nappe de Digne, à faciès proches de ceux que l'on trouve dans les Baronnies. Plus précisément, nous nous situons dans le *faisceau décrochant du Poil* qui est un couloir formé d'écailles dilacérées.

Les terrains de couverture sont constitués de colluvions, se présentant le plus souvent sous la forme d'éboulis sur les pentes, ou d'alluvions torrentielles à proximité de l'Asse et dans les ravins.

4. PARAMÈTRES DU RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX

Le phénomène de retrait-gonflement des sols argileux est lié à deux paramètres : la présence d' « argile gonflante » et une variation de teneur en eau sensible des sols. Les argiles dites gonflantes ont la particularité de changer de volume en fonction de leur état hydrique. Ceci est dû à leur capacité à stocker des molécules d'eau dans leur structure minéralogique.

Lorsque le sol s'assèche (phénomène de dessiccation), les molécules d'eau s'en vont, ce qui a pour conséquence une perte de volume, comme on le constate pour une éponge qui sèche. Lorsque le sol s'humidifie (phénomène de réhydratation), les argiles engrangent de l'eau et augmentent de volume en développant une pression de gonflement. L'alternance de ces séquences (on parle de cycles de retrait-gonflement) peut provoquer des mouvements différentiels de fondations des ouvrages bâtis sur sols sensibles.

Il est fréquent que les désordres apparaissent lors d'un premier épisode de forte sécheresse. Les fissures qui s'ouvrent alors ont tendance par la suite à se refermer lorsque le temps redevient plus humide et notamment lors des pluies automnales.

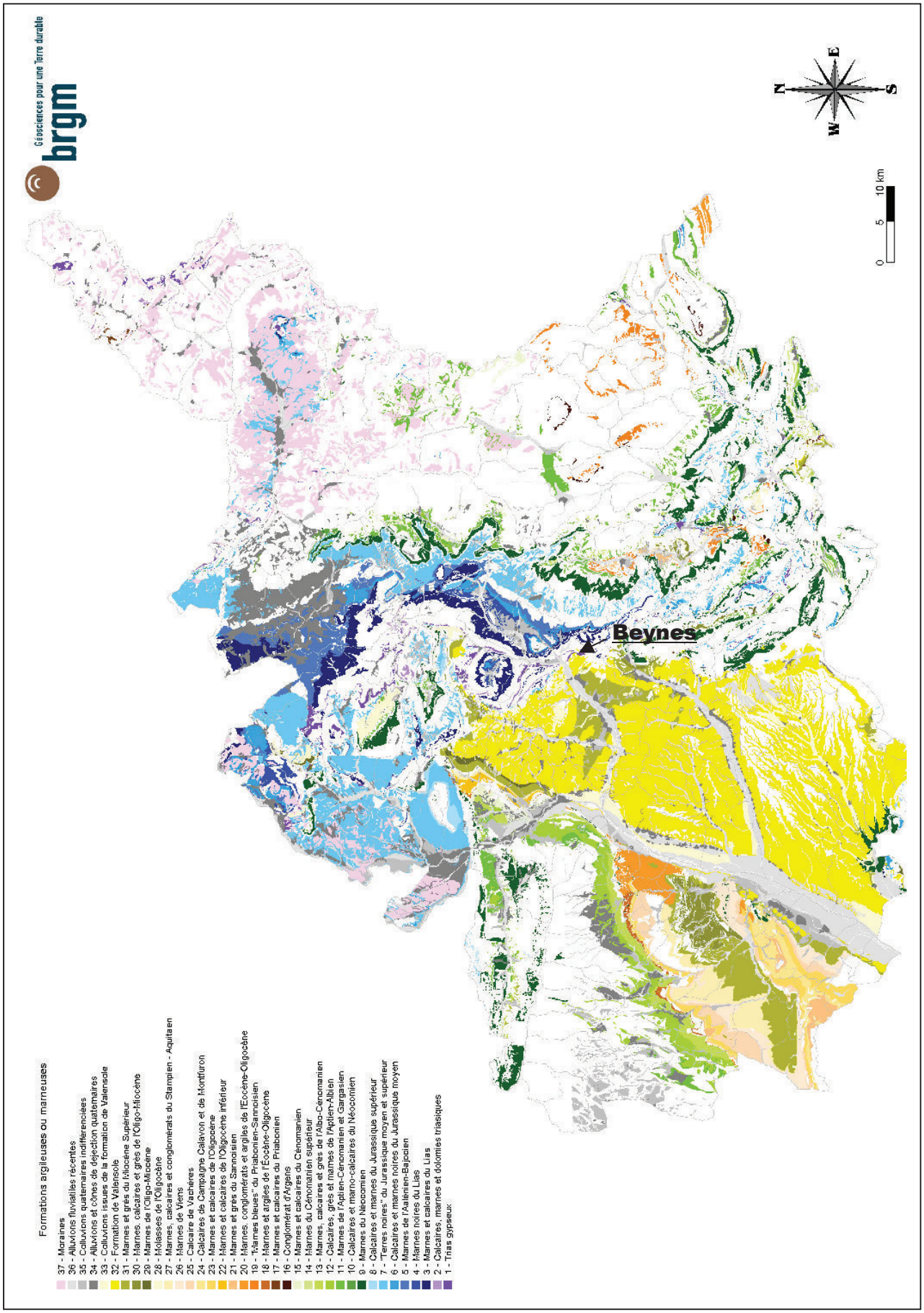


Illustration 4 : Situation de la commune de Beynes sur la carte synthétique des formations argileuses et marneuses du département des Alpes-de-Haute-Provence

4.1. FORMATIONS ARGILEUSES ET MARNEUSES

4.1.1. Référence à l'étude départementale du BRGM

On déduit de ce qui précède que la cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux passe par une étude détaillée de la géologie, en s'attachant particulièrement aux formations contenant de l'argile (argiles proprement dites mais aussi marnes, alluvions, sables argileux, etc.). Cette analyse a été effectuée à l'échelle départementale en 2006 (voir l'avant-propos).

La carte d'aléa des Alpes-de-Haute-Provence a été élaborée au moyen d'une étude bibliographique, à partir des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 publiées par le BRGM. Des données de sondages ont également été exploitées. Elles proviennent d'une part de la Banque des données du sous-sol gérée par le BRGM et d'autre part des dossiers géotechniques réalisés par les bureaux d'études locaux.

Les formations géologiques affleurantes ou sub-affleurantes dans le département et considérées comme argileuses (au sens le plus large) ont été listées dans l'étude BRGM précédemment citée. Après un regroupement par caractéristiques lithologiques, 37 catégories de formations argileuses ou marneuses ont été individualisées. La méthode utilisée présuppose que chacune de ces catégories recouvre un ensemble de sols qui montrent des comportements sensiblement similaires vis-à-vis du retrait-gonflement.

La carte départementale des formations argileuses et marneuses est présentée sur l'illustration n°4 (page précédente).

4.1.2. Formations argileuses et marneuses de la commune de Beynes

Nous en avons extrait la carte des formations argileuses et marneuses sur la commune de Beynes sur l'illustration n°5 .

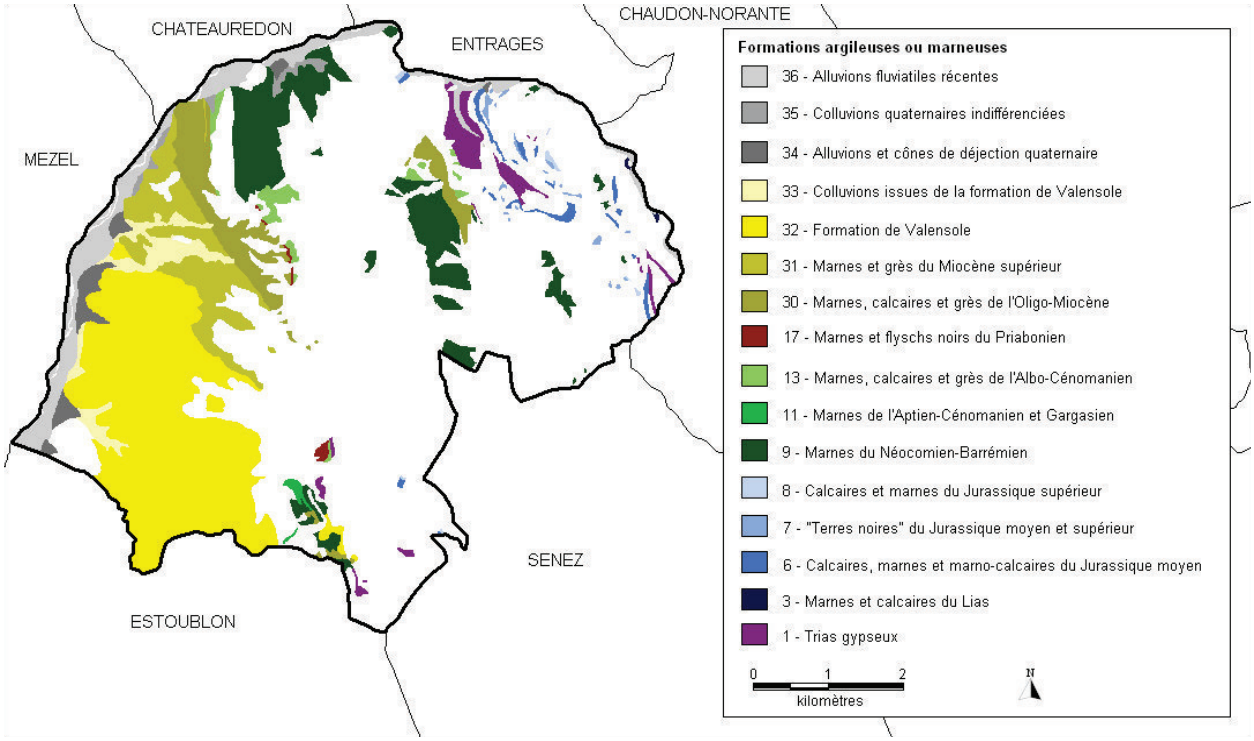


Illustration 5 : Extrait de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses couvrant la commune de Beynes

On notera que les formations stratigraphiques considérées comme *a priori* non argileuses, parce que non spécifiquement définies comme telles sur les cartes géologiques disponibles, n'ont pas été figurées sur cette carte (elles sont en blanc). Néanmoins, des horizons contenant des argiles peuvent se trouver dans la réalité au sein de ces « zones blanches ».

C'est pourquoi, pour la réalisation du présent PPRN, cette première carte a été affinée et complétée au moyen :

- de levés géologiques locaux (limités aux zones susceptibles d'être constructibles, c'est à dire non fortement boisées et situées notamment en dessous de la piste forestière) ;
- d'une analyse des études avec sondages réalisées par Sol Concept ;
- d'une confrontation avec l'existence de sinistres signalés par la commune ou référencés par le BRGM *a priori* rattachables au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux.

Il en est ressorti que certains secteurs de la commune de Beynes devaient être ajoutés sur la précédente carte. Il s'agit en particulier du quartier de Vériscle, du hameau de Palus et du vallon situé sous Palus (qui s'étend en direction de l'ouest-nord-ouest).

La liste globale des 37 formations géologiques établie par le BRGM à l'échelle du département est donnée par l'illustration 4 (voir précédemment). Les formations argileuses effectivement présentes sur la commune de Beynes, et que nous avons retenues en raison de leur teneur en argile avérée selon notre expérience, sont au nombre de 16. Elles sont détaillées ci-après. Nous avons effectué quelques regroupements par rapport à liste initiale et avons ajouté une formation que nous avons dénommée « Vériscle et Palus ». Au final il y a donc 17 formations. Elles sont intégrées dans la carte d'aléa (page 21).

La description des faciès proposée par le BRGM a été précisée pour correspondre à ceux réellement observables sur la commune de Beynes. *Nota* : l*es symboles entre parenthèses correspondent à la dénomination des formations géologiques dans la notice de la carte géologique au 1/50 000 qui couvre la commune de Beynes.*

- le Trias gypseux (1) : le gypse triasique (tG) se présente sous différents faciès indifférenciés de gypses saccharoïdes et pulvérulents à petits lits dolomitiques ou d'argilites. Ont été regroupés sous cette dénomination sur la carte synthétique de Beynes les **Calcaires, marnes et dolomies triasiques (2)**. Il s'agit du Trias supérieur ($t_{7\text{-}9}$ et t_{10}) qui présente des dolomies, des argilites, des calcaires et des grès indifférenciés.

- Marnes et calcaires du Lias (3) : les faciès indifférenciés sont des marnes grises et calcaires marneux roux du Domérien à l'Aalénien ($l_{6\text{-}9}$). Cette formation a une très faible étendue sur la commune de Beynes.

- Calcaires et marnes noires du Jurassique moyen (6) : le Bajocien et le début du Bathonien ($j_{1\text{-}2}$) sont très faiblement présents, sous la forme de marno-calcaires.

- « Terres noires » du Jurassique moyen et supérieur (7) : les « Terres noires » correspondent à une succession monotone de marnes plus ou moins feuilletées à intercalations de petits bancs ou alignements de nodules calcaires donnant les « bad-lands », du Bathonien à l'Oxfordien ($j_{2\text{-}4}$, $j_{3\text{-}4}$).

- Calcaires et marnes du Jurassique supérieur (8) : on peut observer également, en étroits affleurements, une alternance de marnes noires et de calcaires jaunes dans l'Argovien (j_5), bien que le faciès prépondérant soit des calcaires grumeleux. La partie supérieure de la série jurassique est calcaire.

- Marnes du Néocomien (9) : le Néocomien comprend le Berriasien (n_1), le Valanginien (n_2) et l'Hauterivien (n_3). Le Berriasien étant calcaire, il n'est pas pris en compte sur la commune de Beynes. Le Valanginien forme le terme le plus marneux de la série avec quelques faisceaux calcaires, alors que l'Hauterivien est marno-calcaire à rythmicité caractéristique.

- Marnes de l'Aptien-Cénomanien et Gargasien (11) : une très petite zone de Clansayésien (Aptien, n_{6b}) est présente sur la commune de Beynes. Il s'agit de marnes noires glauconieuses.

- Marnes, calcaires et grès de l'Albo-Cénomanien (13) : l'Albien (n_7) et le Cénomanien (c_1 et c_{1-2}) sont également rares, sous la forme de marnes, marnes à intercalations de calcaires marno-gréseux, marno-calcaires glauconieux et calcaires sableux indifférenciés.

- Marnes et flyschs noirs du Priabonien (17), regroupés avec les **Marnes, conglomérats et argiles de l'Éocène-Oligocène (20)** qui sont en fait les seuls représentés sur la commune de Beynes, en extension réduite **:** au sein de l'Eocène, seul le Lutétien (e_5) affleure sous la forme de marnes et calcaires lacustres, reposant en discordance sur le Crétacé. L'Oligocène (g) est indifférencié dans ce secteur. Il englobe « les conglomérats, marnes et calcaires de Beynes ». C'est une formation détritique.

- Marnes, calcaires et grès de l'Oligo-Miocène (30) : il ne s'agit que de la série miocène en l'occurrence. Le Burdigalien (m1) est rocheux au niveau de la barre de Beynes qui supporte le village. Sur cette commune, cette formation devrait être exclue des formations argileuses. Toutefois, les regroupements établis pour la carte départementale ne distinguent par les faciès à cette échelle. Aussi, pour cette raison, et parce que des alternances marneuses sont susceptibles d'être présentes en partie nord du territoire, cette formation demeure dans la liste.

- Marnes et grès du Miocène supérieur (31) : l'Helvétien se présente sous les faciès de marnes blanches et grises ou de calcaires lacustres (m_2), de marnes et grès marins (m_{2M}) ou encore de marnes et grès continentaux (m_{2-3}).

- Vériscle et Palus (ajouté) : d'après la carte géologique au 1/50 000, ce secteur est couvert d'éboulis. Notre expertise de terrain nous a permis d'identifier dans la réalité notamment des horizons d'argiles rouges, alternant avec des couches plus graveleuses, des bancs de grès ou des conglomérats. Il s'agit de formations indifférenciées de la fin du Miocène et du début du Pliocène. Elles se trouvent au niveau des deux quartiers éponymes, et sans doute au-delà. Notre cartographie de terrain a été limitée aux zones proches des constructions. Plus haut sur le versant, les espaces boisés ne sont pas susceptibles d'être construits.

Par ailleurs de nombreuses zones à aléa glissement de terrain sont signa*lées sur la carte géologique (et connues localement, le service RTM ayant anciennement réalisé une étude de certaines zones qui pouvaient être destinées à la construction d'après le POS).*

- Formation de Valensole (32) : le faciès prédominant correspond à des conglomérats, marnes et grès. Les conglomérats peuvent se trouver sous la forme de lentilles au sein des marnes.

- Colluvions issues de la Formation de Valensole (33) : les colluvions de la formation de Valensole ont été distinguées par rapport aux colluvions indifférenciées du Quaternaire. En effet, ces colluvions sont constituées de matériaux dérivés de la formation de Valensole, et par conséquent peuvent montrer une proportion d'argile importante.

- Alluvions et cônes de déjection quaternaires (34) : il s'agit des cônes de déjection situés en piedmont.

- Colluvions quaternaires indifférenciées (35) : Les colluvions, d'épaisseur métrique à plurimétrique, sont des dépôts superficiels d'érosion et d'altération à éléments fins ou grossiers non triés, sans transport lointain. Cependant, dans certains secteurs, l'indication « colluvions » indifférenciées (C) de la carte géologique au 1 / 50 000 correspond à des faciès particuliers, voire à des zones de remaniement synsédimentaires qui n'ont pas permis une identification lithologique précise. Ceci est le cas notamment pour les formations miocènes et pliocènes d'après notre expérience locale. Or, comme il s'agit le plus souvent de zones argileuses, les phénomènes de retrait-gonflement peuvent jouer.

- Alluvions fluviatiles récentes (36) : Les alluvions récentes sont constituées de sables, graviers et galets et assez souvent de limons plus ou moins argileux. Ce sont celles de l'Asse, présentes dans le lit majeur.

4.2. VARIATIONS DE TENEUR EN EAU

4.2.1. Influence météorologique directe

Les sols peuvent subir des variations de teneur en eau par évaporation depuis leur surface en contact avec l'air ou par la succion des végétaux (on parle globalement d'évapotranspiration). On considère qu'une sécheresse estivale habituelle conduit à une dessiccation sur 1,5 m à 2 m. Une sécheresse exceptionnelle par son intensité (chaleur) et sa durée peut engendrer un assèchement dépassant 3 m de profondeur depuis la surface.

La réhydratation des sols se produit par les précipitations notamment.

4.2.2. Phénomènes hydrogéologiques

Les fluctuations du niveau des nappes phréatiques (dessiccation ou imbibition) peuvent avoir une incidence sur le déclenchement ou l'aggravation de mouvements de terrain différentiels dans les formations mêlant argiles et matériaux granulaires notamment.

C'est le cas dans les alluvions de rivière où sont présentes des alternances de couches sableuses drainantes et de couches limoneuses ou argileuses qui sont baignées par la nappe d'accompagnement du cours d'eau. Hors période de sécheresse exceptionnelle, les remontées capillaires limitent la dessiccation qui pourrait affecter les sols de surface. En cas de sécheresse prolongée, les remontées capillaires cessent.

Sur la commune de Beynes, les autres formations argileuses qui peuvent être influencées par les variations de teneur en eau en profondeur – en particulier par un abaissement d'un niveau piézométrique lié à une nappe de versant – sont les argiles et marnes sableuses tertiaires et, plus particulièrement, les termes de l'Oligocène au Pliocène. Dans certains contextes, les terrains de l'Albien et l'Aptien sont également concernés.

On notera que les aquifères profonds se développent dans des sols non argileux et n'ont que peu d'influence sur la teneur en eau de la tranche superficielle du sol qui supporte les constructions. Ils ne sont donc pas considérés pour l'étude de l'aléa retrait-gonflement.

4.2.3. Phénomènes anthropiques

Il peut s'agir, par exemple, de l'influence de travaux de drainage ou au contraire de la concentration d'eau due à des descentes d'eau pluviale proches des fondations, de fuites d'eaux usées…

5. ACTION DU RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX

Les principales caractéristiques des phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et leurs conséquences sont rappelées en annexe 1.

Il est nécessaire de rappeler dans la présente note de présentation que le phénomène de retrait-gonflement est à rattacher aux aléas géotechniques. En effet, il s'agit bien du comportement des sols ayant des conséquences sur l'ouvrage qui est édifié sur ces sols.

L'aléa retrait-gonflement fait entrer en jeu deux paramètres principaux : l'eau et la présence d'argile. Or, ces deux paramètres régissent d'autres types d'aléas géotechniques comme les glissements de terrains et des « pathologies de fondation » au sens général (défaut de portance des argiles ou perte de portance liée à l'augmentation de la teneur en eau, tassement des argiles sous la charge de l'ouvrage, etc.)

Dans de nombreux cas de sinistre tardif de bâtiments construits sur sols argileux, l'ouvrage a subi, dès la construction, des mouvements qui ont induit une fissuration légère ou une simple fragilisation des structures sans fissuration. Le bâtiment est ensuite resté stable jusqu'à la survenance d'une sécheresse exceptionnelle qui a accentué alors les conséquences des faiblesses de la construction. Ces faiblesses sont dues de façon prépondérante à des fondations mal adaptées au sous-sol. **Différents aléas géotechniques sont ainsi le plus souvent compilés**.

Ajoutons enfin que la fissuration d'un bâtiment sous l'effet du phénomène de retrait-gonflement est causé par le différentiel de tassement (ou de gonflement) sous les fondations. L'ampleur variable du mouvement dépend :

- de la nature des sols présents sous les fondations et de l'épaisseur de sols argileux ;
- de l'intensité de la dessiccation (ou de la réhydratation).

Si le bâtiment est construit sur un sol hétérogène, il sera beaucoup plus exposé au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux que s'il est construit sur un sol homogène. Par ailleurs, le phénomène de dessiccation se produit plus fortement dans les zones qui reçoivent les rayons du soleil que dans les zones revêtues ou partiellement à l'ombre.

La portée d'un PPRN retrait-gonflement des sols argileux n'est pas de prévenir l'ensemble des risques géotechniques auxquels un ouvrage est exposé.

Seule une **étude de sols** permet de vérifier le contexte géologique parcellaire et de définir des mesures propres à s'appliquer aux spécificités mises en évidence, tant pour l'argilosité que pour les autres risques liés aux sols (risques géotechniques).

6. ETABLISSEMENT DU PPRN

6.1. SINISTRES OBSERVÉS

6.1.1. Contexte départemental

Lorsque des sinistres apparaissent au cours d'une période précise caractérisée par un épisode sec, les communes peuvent demander un arrêté de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles.

De nombreux arrêtés ont ainsi été pris pour le département des Alpes-de-Haute-Provence jusqu'à aujourd'hui. Ils couvrent des périodes différentes selon les communes, qui se trouvent globalement comprises entre juillet 1988 à mars 2008 (voir annexe 2). Cependant toutes les communes où des maisons ont subi des désordres liés à la sécheresse au cours de cette période n'ont pas bénéficié d'un arrêté. A l'inverse, toutes les fissurations de maison apparues au cours de cette période n'ont pas un lien avec la sécheresse.

6.1.2. Contexte local

La commune de Beynes n'a jamais été reconnue en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles. 13 sinistres potentiellement en lien avec la sécheresse ont été toutefois déclarés en mairie et localisés de façon précise. A ces sinistres s'ajoutent les études de maisons fissurées réalisées par Sol Concept pour lesquelles notre diagnostic a conduit à reconnaître la sécheresse en sols argileux comme cause de la fissuration des bâtiments étudiés. Nous avons également tenu compte des études à la construction qui ont mis en évidence des sols sensibles au retrait-gonflement.

Les sinistres sont situés en majorité dans le hameau de Palus et sur la zone ouest de la commune où les marnes et conglomérats Mio-Pliocène de la formation de Valensole (32) affleurent. Ils sont localisés sur l'illustration 7 (*infra*).

6.2. CARTE DE L'ALÉA RETRAIT-GONFLEMENT

6.2.1. Contexte départemental

Afin de circonscrire les zones à risque, le BRGM a dressé une carte départementale de l'aléa retrait-gonflement des argiles. Elle a été établie à partir de la carte synthétique des formations argileuses et marneuses présentée sur l'illustration 4.

L'aléa correspond, par définition, à l'occurrence d'un phénomène d'une intensité donnée. Dans le cas du retrait-gonflement des argiles, l'aléa est approché de manière qualitative, à partir d'une hiérarchisation des différentes formations géologiques argileuses ou marneuses. Cette classification se réfère à la susceptibilité de réaction des sols consécutivement à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

Les critères utilisés par le BRGM sont les suivants :

- la proportion de matériau argileux au sein de la formation (analyse lithologique) ;
- la proportion de minéraux gonflants dans la phase argileuse (composition minéralogique) ;
- l'aptitude du matériau à absorber de l'eau (comportement géotechnique).

6.2.2. Contexte local

A chacune des 17 formations argileuses ou marneuses identifiées sur la commune de Beynes, correspond un niveau d'aléa faible, moyen ou fort. Ces niveaux ont été prédéfinis par l'étude départementale. Pour la 17ème formation identifiée spécifiquement sur la commune de Beynes, l'aléa sera considéré comme fort.

L'illustration 6 hiérarchise les 17 formations en fonction des trois classes d'aléa. Elle indique également le pourcentage de la superficie communale correspondant à chaque formation ainsi que la proportion globale de chacune des trois classes d'aléa sur l'ensemble de la commune.

En définitive, seulement 4.53 % de la superficie de la commune est située en zone d'aléa fort, tandis que 19.53 % de la commune est considéré en aléa moyen et 18,36 % en aléa faible. Le reste, soit environ 57.58 % de la commune correspond à des zones *a priori* non argileuses, en principe non exposées aux risques de retrait-gonflement (ce qui n'exclut pas la présence, localement, de poches ou de placages argileux non cartographiés). On remarquera que les zones construites sont presque intégralement classées en aléa non nul.

Formations géologiques	% de la superficie communale
Formation à aléa fort	
Marnes de l'Aptien-Cénomanien et Gargasien (11)	0,14
Vériscle et Palus*	4.39
Total des formations à aléa fort	**4.53 %**
Formations à aléa moyen	
Formation de Valensole (32)	14.33
Marnes et grès du Miocène supérieur (31)	3,33
Colluvions issues de la formation de Valensole (33)	1,72
Marnes et flyschs noirs du Priabonien (17)	0,15
Total des formations en aléa moyen	**19.53 %**
Formations à aléa faible	
Marnes du Néocomien-Barrémien (9)	6,22
Alluvions fluviatiles récentes (36)	4,16
Marnes, calcaires et grès de l'Oligo-Miocène (30)	3,41
Trias gypseux (1)	1,38
Alluvions et cônes de déjection quaternaire (34)	1,07
Marnes, calcaires et grès de l'Albo-Cénomanien (13)	0,73
Calcaires, marnes et marno-calcaires du Jurassique moyen (6)	0,60
Colluvions quaternaires indifférenciées (35)	0,41
« Terres noires » du Jurassique moyen et supérieur (7)	0,24
Calcaires et marnes du Jurassique supérieur (8)	0,11
Marnes et calcaires du Lias (3)	0,03
Total des formations en aléa faible	**18,36 %**

Illustration 6 : Classement des formations argileuses et marneuses par niveau d'aléa

*L'extension de cette formation n'a pas été appréhendée dans les zones boisées et fortement pentues qui se trouvent au pied de la montagne de Beynes, au-dessus de la piste forestière. Il se peut qu'elle soit un peu plus étendue que ce que nous proposons dans le cadre du PPRN (dont l'application concerne les zones potentiellement constructibles).

La carte d'aléa proposée pour la commune de Beynes à l'issue de notre analyse est présentée en page suivante, avec en surimpression la position des sinistres recensés.

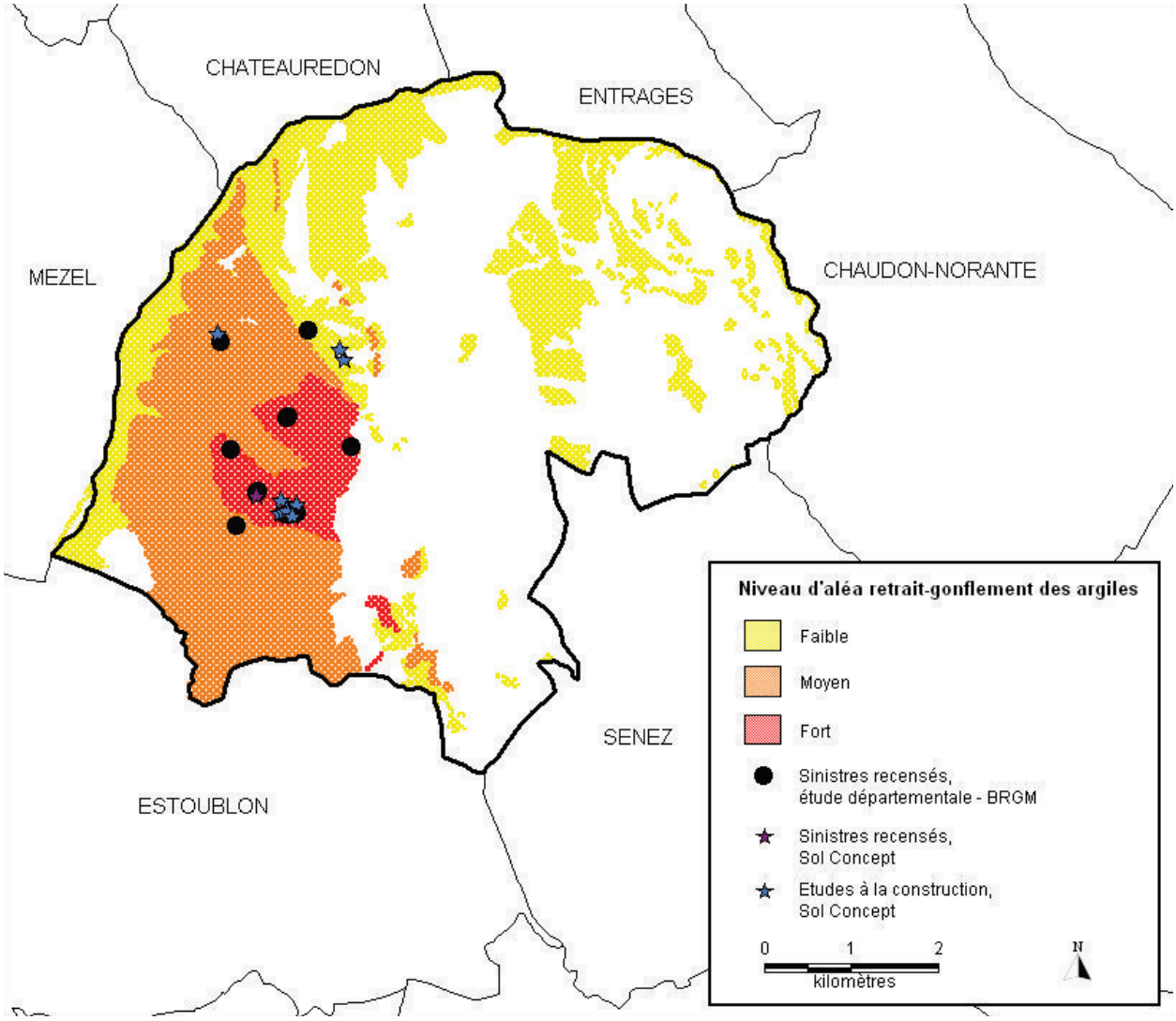


Illustration 7 : Carte d'aléa retrait-gonflement des argiles sur la commune de Beynes

6.3. PLAN DE ZONAGE RÉGLEMENTAIRE

Le tracé du zonage réglementaire a été extrapolé directement à partir de la carte d'aléa communale, en intégrant une marge de sécurité de 50 m de largeur pour tenir compte de l'imprécision des contours (qui sont valides à l'échelle 1/50 000 et imprécis au-delà). Le plan de zonage a été établi sur fond cartographique extrait des cartes IGN à l'échelle 1/25 000 et agrandi à l'échelle 1/10 000.

Par souci d'homogénéité avec la méthodologie appliquée sur le reste du territoire national, les zones exposées à un **aléa fort (a3) sont notées B1** et représentées avec la couleur bleu foncé ; celles correspondant à un **aléa faible à moyen (a1 et a2) ont été regroupées en une seule zone, de couleur bleu clair, notée B2**. La carte réglementaire traduit directement la carte d'aléa et présente donc seulement deux zones réglementées.

6.4. RÉGLEMENTATION

Le règlement du PPRN décrit les prescriptions et recommandations destinées à s'appliquer aux zones B1 et B2. Ces prescriptions sont pour l'essentiel des dispositions constructives et visent surtout la construction de maisons neuves. Certaines s'appliquent néanmoins aussi aux constructions existantes, avec pour principal objectif de ne pas aggraver la vulnérabilité actuelle de ces bâtiments vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement.

Le PPRN, une fois approuvé, sera annexé au PLU (ou au POS). Comme spécifié dans l'article 16.1 de la loi n° 95.101 du 2 février 1995, le respect des prescriptions obligatoires s'applique, dès l'approbation du PPRN, à toute nouvelle construction située dans les zones concernées. Les propriétaires des constructions existantes disposent pour s'y conformer d'un délai variable selon les mesures mais qui est au maximum de cinq ans.

Le fait de construire ou d'aménager un terrain dans une zone réglementée par un PPRN et de ne pas respecter les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation prescrites par ce plan est puni des peines prévues à l'article L. 480-4 du Code de l'Urbanisme. Le non-respect des dispositions du PPRN peut notamment entraîner une restriction des dispositifs d'indemnisation en cas de sinistre, même si la commune est reconnue en état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au retrait-gonflement.

7. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES PREVENTIVES

7.1. PORTÉE DES DISPOSITIONS

Les dispositions constructives décrites dans le règlement du PPRN ne sont évidemment pas exhaustives en ce sens qu'elles ne se substituent pas aux documents normatifs en vigueur (normes NF – Règles de construction notamment définies dans les DTU) mais qu'elles les complètent. **La mise en application de ces dispositions ne dispense donc pas de respecter l'ensemble des règles de l'art en vigueur dans le domaine de la construction.**

Par ailleurs, il s'agit de dispositions préventives et non curatives. Elles ne s'appliquent donc pas nécessairement en cas de sinistre avéré, pour lequel il convient de faire appel à des méthodes de réparation spécifiques déterminées par une étude de diagnostic géotechnique (mission G5 *cf*. annexe 4).

Une partie des mesures décrites dans le règlement est illustrée en annexe 3.

7.2. RÉALISATION D'UNE ÉTUDE DE SOLS

Concernant les constructions individuelles nouvelles (hors permis de construire groupé) en zones réglementées par le PPRN, le choix est laissé entre deux options.

La première option consiste à faire réaliser par un bureau d'études géotechniques une reconnaissance de sol de type G12 (*cf*. annexe 4) qui permettra de vérifier :

- si le proche sous-sol contient effectivement des matériaux sujets au retrait-gonflement sur la parcelle étudiée (dans le cas contraire, le constructeur s'exonèrera de toute disposition constructive spécifique aux sols argileux sensibles à l'aléa retrait-gonflement, l'engagement du géotechnicien sur la foi de son étude prévalant sur les mesures proposées de façon générale dans le PPRN) ;
- de déterminer quelles sont les mesures particulières à observer pour réaliser le projet en toute sécurité, en prenant en compte l'aléa retrait-gonflement des argiles ainsi que les éventuels aléas « mouvement de terrain » divers ou autres aléas géotechniques.

La seconde option consiste à appliquer directement un certain nombre de mesures préventives-types qui concernent la construction autant que son environnement immédiat, mesures de nature à éviter *a priori* tout risque de désordres importants liés au retrait-gonflement des argiles (et seulement cet aléa). Leur efficacité peut s'avérer limitée notamment en cas de sécheresse exceptionnelle.

Il va de soi que la première option (étude de sols) est vivement recommandée, d'une part parce qu'elle permet de lever d'éventuelles incertitudes quant à la nature exacte des sols au droit de la parcelle à construire, et d'autre part parce qu'elle permet une adaptation plus fine du projet au contexte géologique local.

Pour les bâtiments autres que les maisons individuelles (à l'exception de ceux à usage purement agricole et des annexes d'habitation non accolées au bâtiment principal), la première option (étude de sols) est imposée en zone d'aléa retrait-gonflement.

7.3. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE PRÉVENTION

Les principes ayant guidé l'élaboration les mesures constructives et d'environnement préconisées dans le règlement du PPRN sont en particulier les suivants :

- Les fondations doivent être suffisamment profondes pour s'affranchir de la zone superficielle où le sol est sensible à l'évaporation. Elles doivent être suffisamment armées et coulées à pleine fouille le plus rapidement possible, de préférence en interposant un polyane épais sur les parois latérales, en évitant que le sol mis à nu en fond de fouille ne soit soumis à des variations importantes de teneur en eau.

- Elles doivent être ancrées dans un sol d'assise homogène sur toute l'emprise du bâtiment (ceci vaut notamment pour les terrains en pente ou à sous-sol hétérogène, mais explique aussi l'interdiction des sous-sols partiels qui induisent généralement des hétérogénéités d'ancrage).

- La structure du bâtiment doit être suffisamment rigide pour résister à des mouvements différentiels, d'où l'importance des chaînages haut et bas et de la réalisation d'un vide-sanitaire.

- En cas de source de chaleur en sous-sol (chaudière notamment), les échanges thermiques à travers les parois doivent être limités pour éviter d'aggraver la dessiccation du terrain en périphérie.

- Tout élément de nature à provoquer des variations saisonnières d'humidité du terrain (arbre, drain, pompage ou au contraire infiltration localisée d'eaux pluviales ou d'eaux usées) doit être le plus éloigné possible de la construction.

- Sous la construction, le sol est à l'équilibre hydrique alors que tout autour il est soumis à une évaporation saisonnière, ce qui tend à induire des différences de teneur en eau au droit des fondations. Pour les éviter, il convient d'entourer la construction d'un dispositif, le plus large possible, qui protège sa périphérie immédiate de l'évaporation (trottoirs, terrasses,…) et de ne pas planter d'arbres à proximité de l'ouvrage.

ANNEXE 1

Le retrait-gonflement des sols argileux et ses conséquences

Le phénomène de retrait-gonflement concerne exclusivement les sols à dominante argileuse. Il est lié au fait que certains minéraux argileux ont la capacité de stocker de l'eau et de la restituer. Ils ont une structure composée de feuillets entre lesquels peuvent se loger des molécules d'eau. L'entrée de l'eau (adsorption) et sa sortie (désorption) provoquent des variations du volume global des sols.

Dans la nature, le phénomène de retrait-gonflement des argiles est principalement la conséquence de la sécheresse et de la réhydratation des sols par les précipitations.

On reconnaît les sols argileux en particulier par leur consistance très variable en fonction de leur état hydrique : plastiques, collant aux mains, lorsqu'ils sont humides, durs et parfois pulvérulents à l'état desséché. Il peut s'agir d'argiles ou de marnes. Le terme glaise est également parfois employé pour les nommer.

D'une façon plus générale, il est à noter que la teneur en eau a une forte influence sur le comportement mécanique des sols argileux. Ils peuvent perdre leur portance ou encore être très compressibles lorsqu'ils sont gorgés d'eau.

1. Introduction aux problèmes de « retrait-gonflement »

1.1. LES MOUVEMENTS DIFFÉRENTIELS

Les variations de teneur en eau sont le moteur principal du phénomène de retrait-gonflement, qui est donc essentiellement gouverné par les conditions météorologiques. L'imperméabilisation des sols, la mise en place d'un système de drainage, la concentration de rejet d'eau pluviale… ont également une influence sur l'état hydrique du sol.

Lorsque l'on construit un bâtiment, la surface du sol qu'il occupe devient imperméable. L'évaporation et la réhydratation ne peuvent plus se produire qu'en périphérie de la maison. Il apparaît donc un gradient entre le centre du bâtiment (où le sol est en équilibre hydrique) et les façades. Ceci provoque un comportement différentiel des sols qui peut engendrer une fissuration. *La figure 1 illustre le mécanisme de la dessiccation des sols.*

Si la conception des fondations du bâtiment n'est pas adaptée en zone de terrains sensibles, en particulier si les terrains d'assise du bâtiment ne sont pas homogènes, cela peut jouer un rôle pathogène. En effet, les différentes zones du bâtiment ne vont pas réagir de la même façon en cas de dessiccation des sols.

La charge apportée par le bâtiment sur le sol a également une influence. Lorsque les argiles sensibles se réhydratent, elles développent une pression de gonflement qui pousse sous les fondations. Si le bâtiment est léger ou si les fondations sont très larges, la pression exercée par le bâtiment sur le sol ne peut s'opposer à la force de soulèvement par les argiles. Ceci accroît les conséquences du retrait-gonflement sur l'ouvrage, d'autant plus si ce dernier possède une architecture complexe (étage partiel,…) avec différences de charges.

C'est toujours le différentiel de comportement qui induit les désordres. Aussi, la philosophie des mesures préventives est de placer le bâtiment dans un contexte le plus homogène possible, du point de vue de la nature du sol d'assise et de sa teneur en eau, ainsi que du point de vue de l'architecture de l'ouvrage.

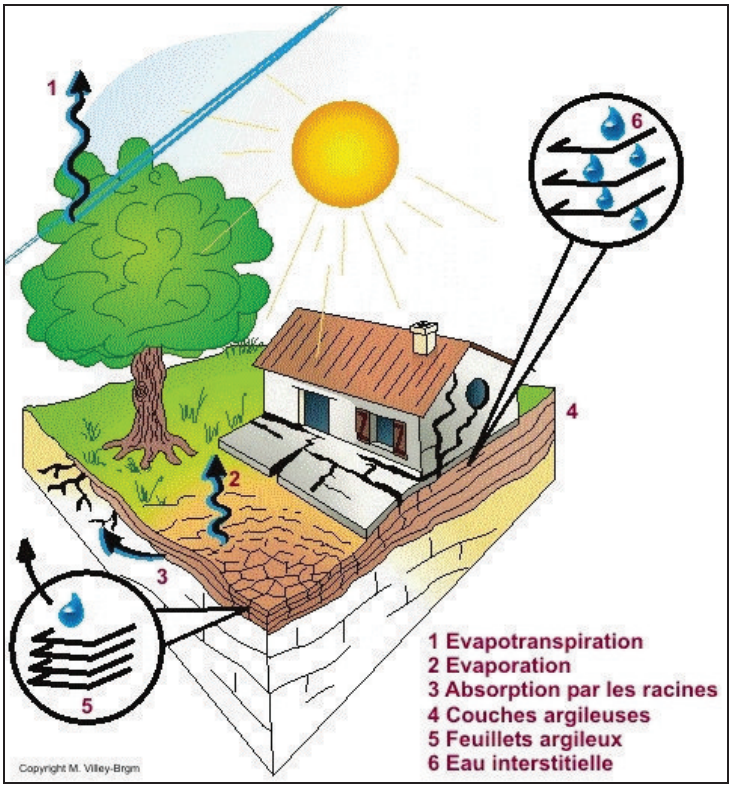


fig. 1 : illustration du mécanisme de dessiccation

1.2. L'ÉVOLUTION DES DÉSORDRES DANS LE TEMPS

Généralement, dans le cas de l'aléa retrait-gonflement, c'est lors d'une sécheresse exceptionnelle que les premières fissures apparaissent plutôt que suite à de fortes pluies. (D'autres risques géotechniques rendent toutefois l'ouvrage vulnérable en cas de précipitations intenses et prolongées).

La succession des cycles de retrait-gonflement provoque avec le temps une fatigue des structures des constructions ce qui aboutit à une fissuration. Si le bâtiment est de conception frustre au départ, il pourra fissurer dès la première période d'exposition à une sécheresse exceptionnelle (voire une sécheresse courante). D'autres bâtiments plus solides ne seront affectés de désordres que lors des périodes sèches suivantes.

Une fois que la structure de la construction est rompue, il est fréquent de constater une évolution saisonnière des fissures, y compris lorsque les conditions météorologiques demeurent normales. On constate fréquemment une amplification avec le temps, en particulier en raison du phénomène de regonflement des sols. Une fois que le bâtiment est « découpé » par les premières fissures, les « morceaux » les plus légers subissent le gonflement plus fortement que les « morceaux » les plus lourds.

Il peut arriver que les effets du retrait et du gonflement se compensent (les fissures s'ouvrant l'été et se refermant l'hiver). Cependant, au fil des ans, une aggravation des désordres est le plus fréquemment constatée.

1.3. L'INTENSITÉ DES MOUVEMENTS

L'intensité des mouvements liés au retrait-gonflement fait entrer en jeu deux paramètres du sol : le **degré de sensibilité des formations argileuses** au retrait-gonflement et l'**épaisseur des terrains argileux** qui subissent la dessiccation ou la réhydratation.

A ces deux paramètres « internes », attachés au sol lui-même, se compile un troisième paramètre : l'amplitude des **variations de teneur en eau** qui dépend de conditions « externes ».

2. Articulation du processus

On distingue :

- la prédisposition du site, c'est-à-dire son état originel favorable ou non à l'apparition possible du phénomène de retrait-gonflement ;
- les facteurs déclenchants qui au cours du temps vont permettre au phénomène de se produire ;
- la vulnérabilité de l'ouvrage qui regroupe les aspects constructifs préjudiciables pouvant accentuer la réaction de l'ouvrage vis-à-vis de mouvements différentiels des sols ;
- les facteurs aggravants qui peuvent accroître localement l'intensité du phénomène, généralement en lien avec l'environnement ou l'action de l'homme.

2.1. PRÉDISPOSITION DU SITE

Il s'agit en premier lieu du **degré de sensibilité des formations argileuses, qui est régi par leur teneur en particules d'« argile gonflante »**. Ce sont des minéraux argileux qui ont une grande capacité à stocker de l'eau entre leurs feuillets (smectites et vermiculites par exemple). Une argile n'est pas toujours gonflante car il se peut que l'espacement entre les feuillets soit stable et ne permette pas l'adsorption d'eau (talc par exemple).

Une formation argileuse ne contient pas systématiquement des minéraux « gonflants ». La genèse de ces derniers nécessite des conditions particulières de dépôt. Bien qu'il existe en France des gisements de smectites presque exclusivement composés d'argiles gonflantes (par exemple les gisements de montmorillonite), il est plus courant que ces minéraux soient répartis de façon non-homogène dans les formations argileuses.

En second lieu, **l'épaisseur de la couche** contenant des argiles gonflantes joue sur la susceptibilité au retrait-gonflement, car le volume mis en jeu conditionne l'amplitude du phénomène.

2.2. FACTEURS DÉCLENCHANTS

Ce sont les facteurs qui vont causer une modification de la teneur en eau des sols suffisante pour induire des mouvements de retrait-gonflement sensibles et pouvant provoquer des désordres sur les bâtiments (notamment). **Le principal facteur déclenchant est la sécheresse climatique exceptionnelle** qui entraîne une dessiccation des sols en profondeur suite à un fort déficit de précipitations sur une période prolongée.

Chaque année ou presque le département subit une sécheresse saisonnière, en raison d'une pluviométrie faible en juin et juillet notamment et quelquefois en hiver. Les pluies printanières et automnales viennent habituellement combler ce déficit hydrique. Les bâtiments (s'ils ne sont pas spécifiquement fragiles) supportent les mouvements de sols induits par ces sécheresses.

Par contre une sécheresse exceptionnelle est de nature à provoquer des désordres sur les bâtiments, s'ils ne sont pas conçus pour s'en prémunir.

Au cours d'une période de sécheresse, on parle de progression du front de dessiccation en profondeur (l'épaisseur de sol desséché depuis la surface augmente). Le cumul des effets de plusieurs sécheresses sans retour intermédiaire à une réhydratation complète des sols peut également induire une progression du front de dessiccation en profondeur au fil des années et ainsi conduire à des sinistres sur les bâtiments.

La présence d'une nappe et les fluctuations de son niveau en période de sécheresse jouent un rôle important dans les manifestations du phénomène de retrait-gonflement par l'influence qu'elles ont sur la teneur en eau des sols qui se trouvent au-dessus. En effet, au cours d'un épisode de sécheresse, le niveau de la nappe est susceptible de baisser ce qui provoque alors un assèchement des sols redoublé.

2.3. VULNÉRABILITÉ DE L'OUVRAGE

Des défauts de conception de la construction tant au niveau des fondations (sols d'assise hétérogènes, bâtiment construit sur sous-sol partiel, etc.) que de la structure elle-même (par exemple, absence de joints entre bâtiments accolés mais fondés de manière différente ou entre blocs de charges différentes) constituent des facteurs de prédisposition indéniables qui expliquent l'apparition de désordres sur certains bâtiments, même en période de sécheresse à caractère non exceptionnel.

2.4. FACTEURS AGGRAVANTS

2.4.1. L'évapotranspiration / la végétation et les revêtements imperméables

Les précipitations et l'absence de précipitation régulent principalement la teneur en eau des sols. Toutefois l'évapotranspiration influence également les variations de teneur en eau par :

- le couvert végétal ou la simple présence d'un grand arbre ;
- la présence de terrasses ou d'éléments qui imperméabilisent les abords d'une construction.

La présence de végétation arborée à proximité d'un édifice construit sur sol sensible peut théoriquement, à elle seule, constituer un facteur déclenchant. Toutefois, c'est en condition de forte sécheresse que le processus agit le plus. Aussi, le plus souvent, la végétation arborée n'est qu'un élément aggravant.

Les racines des arbres soutirent l'eau contenue dans le sol, par un mécanisme de succion. Ceci crée une dépression locale autour du système racinaire. Le sol étant faiblement perméable du fait de sa nature argileuse, le rééquilibrage des teneurs en eau est très lent. Ce phénomène de succion peut alors provoquer un tassement localisé du sol autour de l'arbre. Si la distance au bâtiment n'est pas suffisante, il se produit alors des mouvements différentiels préjudiciables à l'ouvrage.

On considère en général que l'influence d'un arbre adulte se fait sentir jusqu'à une distance égale à une fois et demi sa hauteur (mais cela dépend des espèces). Dans ce périmètre, les racines seront naturellement poussées à se développer en direction de la maison puisque celle-ci possède, sous son emprise, une zone de sol non soumise à l'évaporation donc plus humide que les environs non protégés.

Contrairement au processus d'évaporation qui affecte surtout la tranche superficielle des trois premiers mètres, les racines d'arbres ont une influence jusqu'à 4 à 5 m de profondeur, voire davantage.

On considère qu'un peuplier ou un saule adulte a besoin de 300 litres d'eau par jour en été. En France, les arbres considérés comme les plus préjudiciables du fait de leur influence sur les

phénomènes de retrait sont les chênes, les peupliers, les saules, les cèdres, les frênes, les cyprès, les mûriers platanes... Des massifs de buissons ou arbustes situés près des façades peuvent aussi causer des dégâts (conifères rampants notamment).

A l'opposé, **la présence d'une terrasse** ou d'un revêtement imperméable sur le sol empêche l'évaporation. Cela peut avoir un aspect positif si toute la périphérie de l'ouvrage est protégée. Par contre, si la zone imperméabilisée est ponctuelle, c'est l'effet inverse qui se produit car au contact entre zone revêtue et non-revêtue le différentiel de mouvement dû au retrait-gonflement est maximal. Ceci constitue un facteur aggravant.

2.4.2. Actions anthropiques

Certains « sinistres retrait-gonflement » ne sont pas provoqués par un phénomène climatique, par nature imprévisible, mais par une action humaine.

Des travaux d'aménagement, en modifiant la répartition des écoulements superficiels et souterrains, ainsi que les possibilités d'évaporation naturelle, sont susceptibles d'entraîner des variations de teneur en eau dans les sols superficiels.

La mise en place de drains à proximité d'un bâtiment peut créer un abaissement local de la teneur en eau et induire des mouvements différentiels au voisinage.

Inversement, la concentration d'eau pluviale ou de ruissellement au droit de la construction joue en particulier un rôle pathogène. De même que les fuites de réseaux.

Par ailleurs, la présence de sources de chaleur en sous-sol (four ou chaudière) à proximité d'un mur peut, dans certains cas, accentuer la dessiccation du sol dans le voisinage immédiat et entraîner l'apparition de désordres localisés. Dans certaines conditions de mauvaise isolation, un plancher chauffant peut également constituer un facteur aggravant.

Enfin, l'abaissement du niveau d'une nappe phréatique, dont il a été question plus haut, peut être dû à l'influence de pompages situés à proximité.

2.4.3. Modifications hydrologiques

Le tarissement des circulations d'eau superficielles en période de sécheresse provoque une amplification de la dessiccation. A l'inverse, une source non captée proche d'une maison accroît le différentiel de teneur en eau aux abords de la zone concernée.

On notera également que la suppression d'un système d'épandage (dispositif d'assainissement autonome) peut provoquer un assèchement des sols.

3. Exposition accrue des terrains en pente

Les terrains pentus peuvent être particulièrement propices à l'apparition de désordres sur les constructions en raison de mouvements différentiels du terrain d'assise liés au phénomène de retrait-gonflement.

Plusieurs caractères propres à ces terrains sont à considérer :

- Le ruissellement naturel limite leur recharge en eau, ce qui peut accentuer le phénomène de dessiccation du sol.
- Un terrain en pente exposé au sud sera plus sensible au différentiel d'évaporation, du fait de l'ensoleillement, qu'un terrain plat (ou exposé différemment).
- Les fondations, si elles sont descendues partout à la même cote, se trouvent encastrées plus superficiellement du côté aval par rapport au terrain d'origine.
- Les fondations d'un bâtiment sur terrain pentu se comportent comme une barrière hydraulique vis-à-vis des circulations d'eaux dans les couches superficielles le long du versant. Le sol à l'amont tend donc à conserver une teneur en eau plus importante qu'à l'aval.

4. Mécanismes et manifestations des désordres

Les mouvements différentiels du terrain d'assise d'une construction se traduisent par l'apparition de désordres qui affectent l'ensemble du bâti et qui sont en général les suivants :

Gros-œuvre :
- fissuration des structures enterrées ou aériennes ;
- déversement de structures fondées de manière hétérogène ;
- désencastrement des éléments de charpente ou de chaînage ;
- dislocation des cloisons ;
- affaissement ou gonflement des dallages.

Second-œuvre :
- distorsion des ouvertures ;
- décollement des éléments composites (carrelage, plâtres, doublage…) ;
- rupture de tuyauteries et canalisations.

Aménagement extérieur :
- fissuration des terrasses, des murs de soutènements ;
- décollement des bâtiments annexes, terrasses, perrons.

La nature, l'intensité et la localisation de ces désordres dépendent de la structure de la construction, du type de fondation mis en œuvre et bien sûr de l'importance des mouvements différentiels de terrain subis.

L'exemple type de la maison sinistrée par la dessiccation des sols est :

- une maison individuelle ;
- reposant sur un sol argileux ;
- à simple rez-de-chaussée ;
- avec dallage sur terre-plein voire sous-sol partiel ;
- fondée de façon relativement superficielle, généralement sur des semelles continues, peu ou non armées et peu profondes (moins de 80 cm) ;
- avec une structure en maçonnerie peu rigide, sans chaînage horizontal.

ANNEXE 2

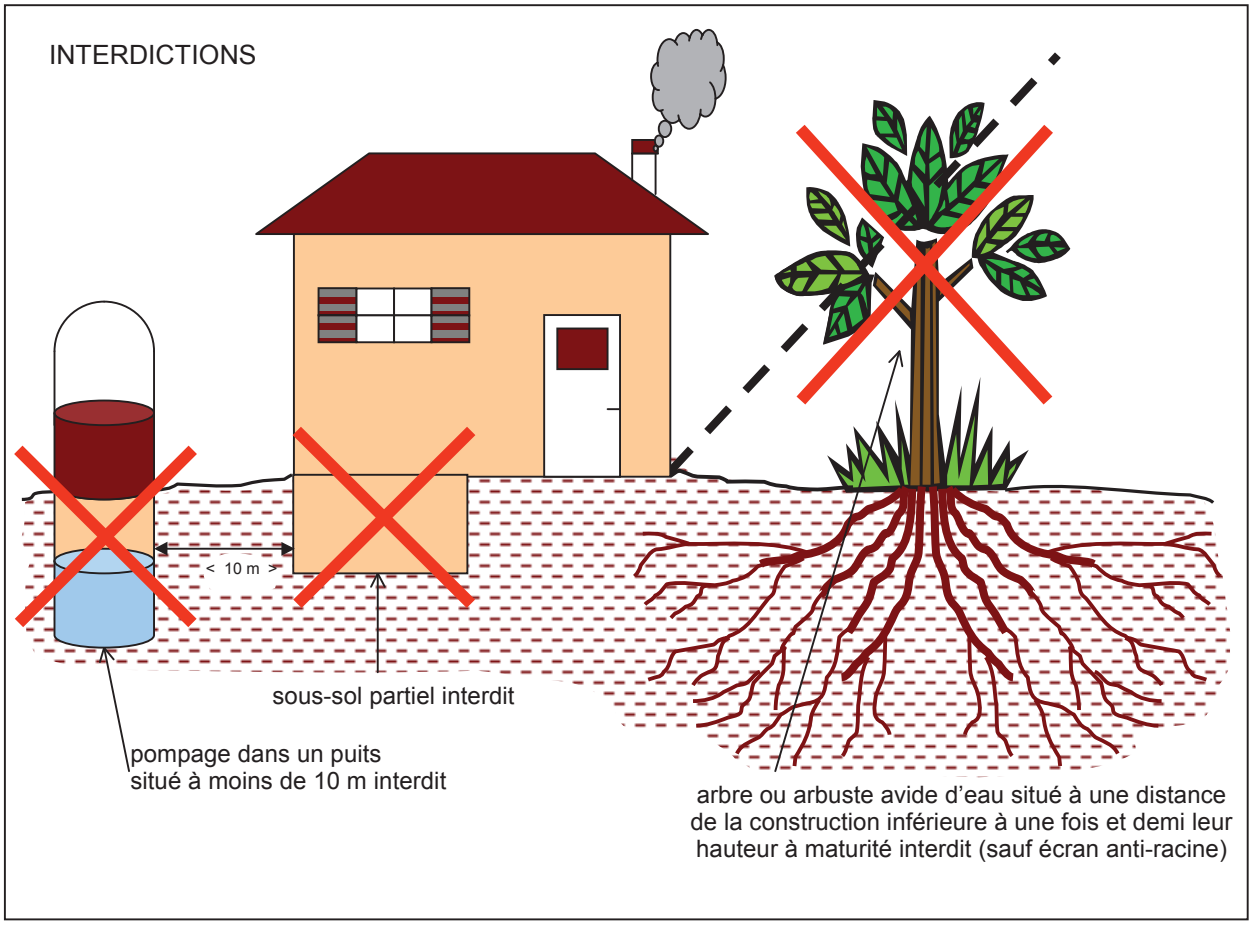
Liste des arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de mouvements différentiels de sols liés au retrait-gonflement des argiles, pris dans le département des Alpes-de-Haute-Provence - État au 30 mars 2012 (données www.prim.net)

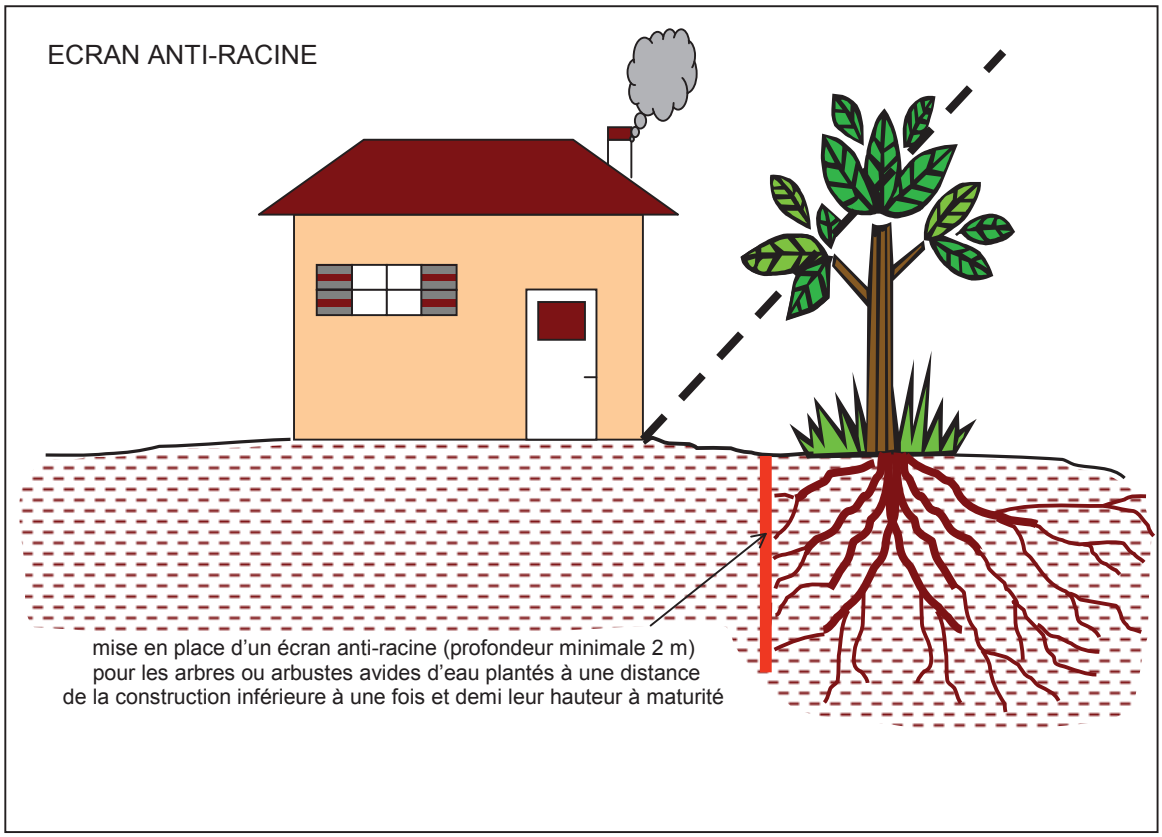
INSEE	Commune	Date début	Date fin	Date arrêté	Date JO
4001	Aiglun	01/01/1998	30/09/1999	27/12/2000	29/12/2000
		01/10/1990	31/12/1997	22/10/1998	13/11/1998
		01/05/1989	30/09/1990	12/08/1991	30/08/1991
4020	Barles	01/01/2002	30/09/2002	27/05/2005	31/05/2005
		01/08/1998	31/12/1999	27/05/2005	31/05/2005
4036	Brusquet	01/07/2007	30/09/2007	07/08/2008	13/08/2008
4040	Castellard-Melan	01/01/2007	31/03/2007	07/08/2008	13/08/2008
		01/07/2007	30/09/2007	07/08/2008	13/08/2008
4047	Champtercier	01/04/1997	30/06/1998	27/12/2000	29/12/2000
		01/05/1989	30/09/1990	12/08/1991	30/08/1991
4070	Digne-les-Bains	01/01/2005	31/03/2005	07/08/2008	13/08/2008
		01/05/1989	30/09/1991	25/01/1993	07/02/1993
		01/03/1998	31/12/1998	27/12/2001	18/01/2002
		01/01/2007	31/03/2007	07/08/2008	13/08/2008
		01/10/1991	31/12/1997	22/10/1998	13/11/1998
		01/03/1998	30/09/1998	06/07/2001	18/07/2001
4075	Entrepierres	01/05/1989	30/09/1990	29/10/2002	09/11/2002
		01/04/1997	30/09/1999	29/10/2002	09/11/2002
4079	Escale	01/01/1999	30/09/1999	01/08/2002	22/08/2002
4088	Forcalquier	01/01/2008	31/03/2008	20/07/2009	23/07/2009
4110	Mallemoisson	01/05/1989	30/09/1990	12/08/1991	30/08/1991
		01/10/1990	31/12/1997	22/10/1998	13/11/1998
4112	Manosque	01/09/1998	30/09/1998	06/07/2001	18/07/2001
		01/01/2008	31/03/2008	16/10/2009	21/10/2009
		01/04/1992	31/08/1993	30/06/1994	09/07/1994
		01/01/2007	31/03/2007	05/12/2008	10/12/2008
		01/07/1996	31/08/1998	16/04/1999	02/05/1999
		01/10/1990	01/03/1992	25/01/1993	07/02/1993
		01/09/1998	30/09/1999	27/12/2001	18/01/2002
		01/01/2002	30/06/2002	15/06/2004	07/07/2004
		01/01/2005	31/03/2005	15/05/2008	22/05/2008
		01/05/1989	30/09/1990	28/03/1991	17/04/1991
		01/09/1993	30/06/1996	12/05/1997	25/05/1997
4121	Mézel	01/01/2007	31/03/2007	07/08/2008	13/08/2008
4122	Mirabeau	01/10/1990	30/11/1997	12/06/1998	01/07/1998
		01/05/1989	30/09/1990	28/03/1991	17/04/1991
4128	Montfuron	01/04/1997	31/07/1999	27/12/2000	29/12/2000
4132	Montsalier	01/01/2007	31/03/2007	07/08/2008	13/08/2008
		01/01/2005	31/03/2005	15/05/2008	22/05/2008
4140	Omergues	01/07/1988	31/08/1991	09/12/1996	20/12/1996
4145	Peipin	01/01/1990	31/12/1990	15/11/1994	24/11/1994
		01/05/1999	30/09/1999	06/07/2001	18/07/2001
		01/05/1989	31/12/1989	31/08/1990	16/09/1990
4149	Peyruis	01/01/2007	31/03/2007	05/12/2008	10/12/2008
4152	Pierrevert	01/09/1998	30/09/1999	27/12/2001	18/01/2002
		01/10/1990	31/08/1993	30/06/1994	09/07/1994
		01/05/1989	30/09/1990	28/03/1991	17/04/1991
		01/01/2005	31/03/2005	11/06/2008	14/06/2008
		01/09/1993	30/06/1996	12/05/1997	25/05/1997
		01/01/2007	31/03/2007	07/08/2008	13/08/2008
		01/09/1998	30/09/1998	06/07/2001	18/07/2001
		01/07/1996	31/08/1998	16/04/1999	02/05/1999
4160	Reillanne	01/02/1997	31/08/1998	16/04/1999	02/05/1999
4172	Roumoules	01/01/2005	31/03/2005	11/06/2008	14/06/2008
4188	Saint-Maime	01/01/1997	31/12/1997	22/10/1998	13/11/1998
4197	Sainte-Tulle	01/03/1998	30/09/1999	29/10/2002	09/11/2002
		01/05/1989	30/09/1990	29/10/2002	09/11/2002
4208	Simiane-la-Rotonde	01/01/2005	31/03/2005	07/10/2008	10/10/2008
4209	Sisteron	01/01/2005	31/03/2005	15/05/2008	22/05/2008
		01/01/1999	30/09/1999	17/12/2002	08/01/2003
		01/05/1989	31/08/1993	12/03/1998	28/03/1998
4217	Thoard	01/05/1989	30/09/1990	12/08/1991	30/08/1991

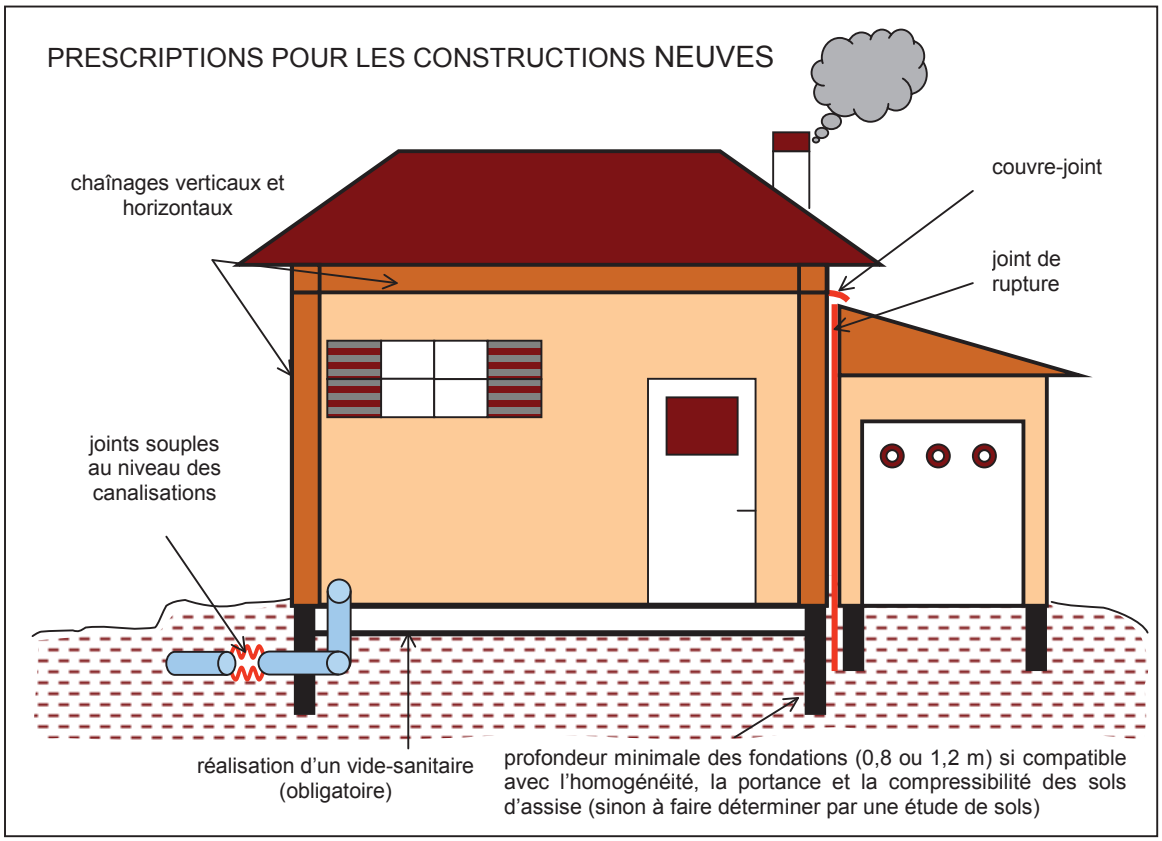
ANNEXE 3

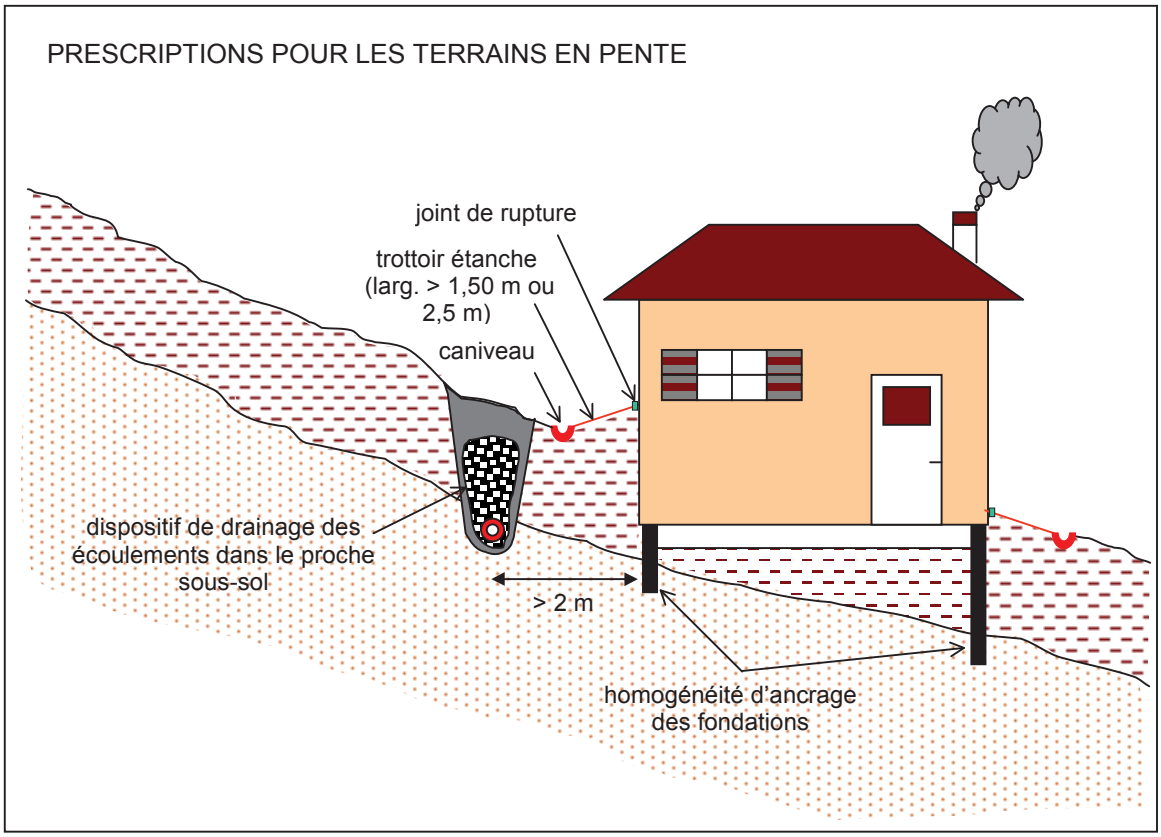
Illustration des principales dispositions réglementaires de prévention des risques de mouvements de terrain différentiels liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles

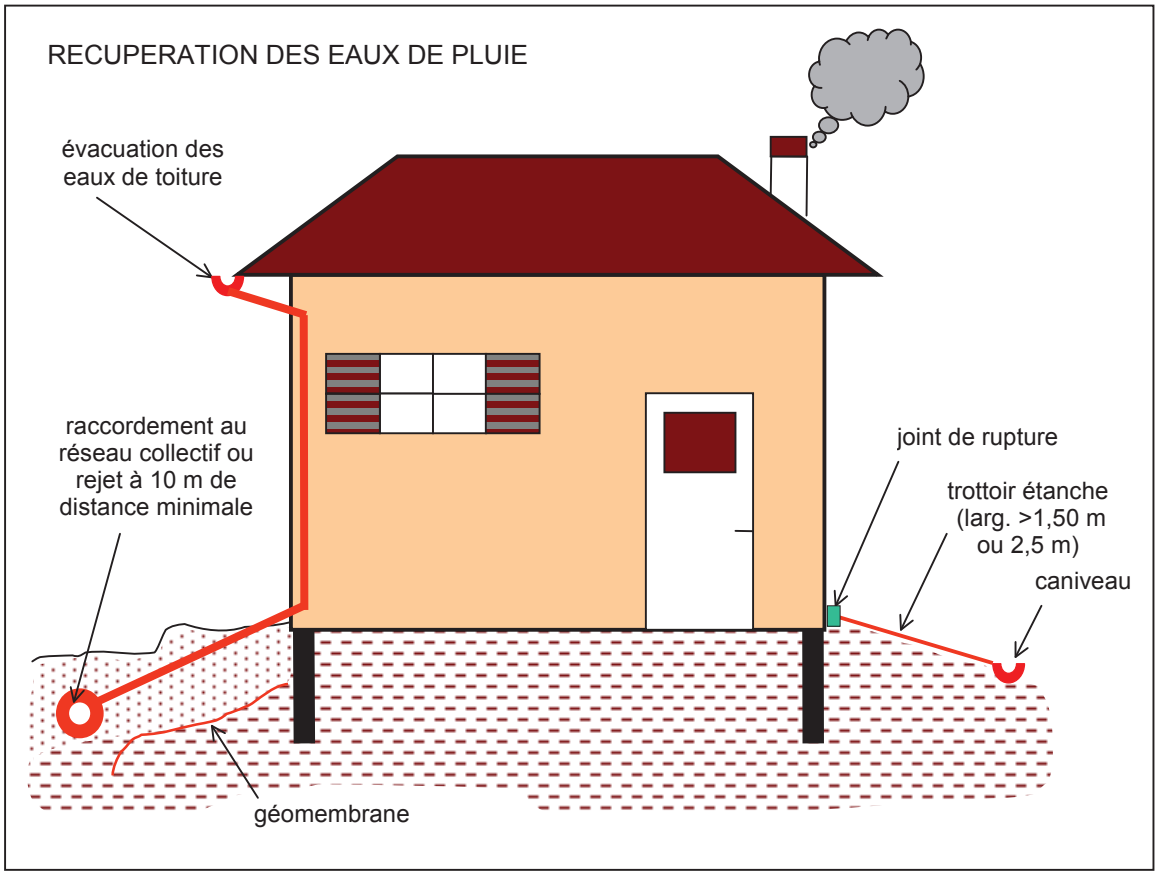
Les illustrations qui suivent présentent une partie des prescriptions et recommandations destinées à s'appliquer dans la zone réglementée par le PPRN. Suivant le type de construction (existante ou projetée) certaines de ces mesures sont obligatoires, d'autres non, et l'on se reportera donc au règlement pour obtenir toutes les précisions nécessaires.




ECRAN ANTI-RACINE
mise en place d'un écran anti-racine (profondeur minimale 2 m)
pour les arbres ou arbustes avides d'eau plantés à une distance
de la construction inférieure à une fois et demi leur hauteur à maturité


PRESCRIPTIONS POUR LES CONSTRUCTIONS NEUVES
chaînages verticaux et horizontaux
couvre-joint
joint de rupture
joints souples au niveau des canalisations
réalisation d'un vide-sanitaire (obligatoire)
profondeur minimale des fondations (0,8 ou 1,2 m) si compatible avec l'homogénéité, la portance et la compressibilité des sols d'assise (sinon à faire déterminer par une étude de sols)


PRESCRIPTIONS POUR LES TERRAINS EN PENTE
joint de rupture
trottoir étanche (larg. > 1,50 m ou 2,5 m)
caniveau
dispositif de drainage des écoulements dans le proche sous-sol
> 2 m
homogénéité d'ancrage des fondations


RECUPERATION DES EAUX DE PLUIE
évacuation des eaux de toiture
raccordement au réseau collectif ou rejet à 10 m de distance minimale
joint de rupture
trottoir étanche (larg. >1,50 m ou 2,5 m)
caniveau
géomembrane

ANNEXE 4

Extraits de la norme AFNOR NF P 94-500 (décembre 2006)

Intitulée : « Missions géotechniques – Classification et spécifications »

Cette norme «*définit les différentes missions susceptibles d'être réalisées par les géotechniciens à la demande d'un maître d'ouvrage ou d'un constructeur. [Elle] donne une classification de ces missions. [Elle] précise le contenu et définit les limites des six missions géotechniques types : réalisation des sondages et essais, étude de faisabilité géotechnique, étude de projet géotechnique, étude géotechnique d'exécution, diagnostic géotechnique avec ou sans sinistre, ainsi que l'enchaînement recommandé des missions au cours de la conception, de la réalisation et de la vie d'un ouvrage ou d'un aménagement de terrain».*

Le **schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique** est donné par le tableau ci-dessous et la **classification des missions types d'ingénierie géotechnique** est présenté dans le tableau de la page suivante.

Étape	**Phase d'avancement du projet**	**Missions d'ingénierie géotechnique**	**Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques**	**Prestations d'investigations géotechniques ***
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant-projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
2	Projet Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
3	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution
Cas particulier	Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés
* NOTE : À définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante.				

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques.
Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.

ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2).Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE (G11)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :

— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
— Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
— Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)

Elle est réalisée au stade de l'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :

— Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
— Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).

Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)

Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.

Phase Projet

— Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
— Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisinants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet.
— Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels.

Phase Assistance aux Contrats de Travaux

— Établir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
— Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.

ÉTAPE 3 : EXÉCUTION DES OUVRAGES GÉOTECHNIQUES (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.

Phase Étude

— Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.

Phase Suivi

— Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.
— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
— Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.

Phase Supervision de l'étude d'exécution

— Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.

Phase Supervision du suivi d'exécution

— Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle.

— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
— Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.

Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.